



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Profesional de Ciencias Biológicas

**Análisis de la dinámica de las capturas de recursos
marinos durante los años 1950-2014 mediante
indicadores trofodinámicos**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Bióloga con mención en
Hidrobiología y Pesquería

AUTOR

Aida Brunela Carla DONAYRE DONAYRE

ASESOR

Carmen Rosario YAMASHIRO GUINOZA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Donayre, A. (2019). *Análisis de la dinámica de las capturas de recursos marinos durante los años 1950-2014 mediante indicadores trofodinámicos*. Tesis para optar el título profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería. Escuela Profesional de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código Orcid del autor (dato opcional):

Código Orcid del asesor o asesores (dato obligatorio): 0000-0003-4379-4392

DNI del autor: 45462884

Grupo de investigación: Ninguno

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: Ninguno

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación. Debe incluir localidades y coordenadas geográficas:

El área de trabajo fue el mar peruano que se localiza frente a las costas de Perú:

- Límites latitudinales son desde 3°24'S hasta 18°21'S.
- Comprende desde 0 a 200 millas náuticas (mn) de distancia a la costa.

Año o rango de años que la investigación abarcó: periodo 1950 – 2014



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN HIDROBIOLOGÍA Y PESQUERÍA
(MODALIDAD: SUSTENTACIÓN DE TESIS)**

Siendo las 18:05 horas del 14 de octubre de 2019, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas y en presencia del jurado formado por los profesores que suscriben, se dio inicio a la sesión para optar al Título Profesional de Bióloga con mención en **Hidrobiología y Pesquería** de **AIDA BRUNELA CARLA DONAYRE DONAYRE**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° **042-EPCB-2018**, la titulando expuso su tesis: **“ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE LAS CAPTURAS DE RECURSOS MARINOS DURANTE LOS AÑOS 1950-2014 MEDIANTE INDICADORES TROFODINÁMICOS”**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota 1.8., calificativo: Aprobado con mención honrosa

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el Título Profesional de Bióloga con mención en **Hidrobiología y Pesquería** a **AIDA BRUNELA CARLA DONAYRE DONAYRE** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

Siendo las 19:25 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 14 de octubre de 2019.

Dr. MARCO ESPINO SANCHEZ
(PRESIDENTE)

Blga. CARMEN YAMASHIRO GUINOZA
(ASESORA)

Blga. SILVIA AGUILAR LUNA
(MIEMBRO)

Blga. MARIBEL BAYLON CORITOMA
(MIEMBRO)

“Hay hombres que luchan un día y son buenos. Hay hombres que luchan un año y son mejores. Hay hombres que luchan muchos años y son muy buenos. Pero hay los que luchan toda la vida, esos son los imprescindibles.”

(Bertolt Brecht)

A mi madre y mi abuelita que siempre creyeron en mí, a mi padre y hermano que siempre fueron un ejemplo a seguir, a mi familia por apoyarme, a mis amigos incondicionales, a mis maestros que me enseñaron todo lo que sé y al amor de mi vida, muchas gracias por su apoyo y confianza

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a mis asesores Pepe Espinoza y Carmen Yamashiro quienes me ayudaron desinteresadamente en el desarrollo de mi tesis. Sin su ayuda y sugerencias este trabajo hubiese sido mucho más difícil de completar.

A mis compañeros del Ministerio de la Producción Leonardo Anibal Santos Fernandez y Karin Lissett Montoya, por enseñarme a manejar grandes bases de datos con programas estadísticos fundamentales.

A Pedro Espinoza, mi buen amigo de la Facultad de Biología, que es como un hermano hasta el día de hoy.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en especial a Nathaly Marina Vargas López por su gran ayuda y apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera. Gracias a los profesores Pepe Antonio Espinoza Silvera y Orlando Advíncula Zeballos por enseñarme rutinas e interpretación de análisis multivariado.

A mi padre Luis Alberto Donayre Mejía y a mi hermano Luis Miguel Donayre Donayre por ser muy exigentes conmigo, y sobre todo a mi madre Rosa Donayre Emanuele por creer siempre en mí desde pequeño. A mi abuelita Conccetina Emanuele de Donayre por estar siempre a mi lado, te amo mamita Aida, un beso a la eternidad. A Anita Zamora por creer en mí e impulsarme a presentar mis resultados. Muchas gracias a todos por su paciencia y comprensión.

RESUMEN

En el presente trabajo se analizó la dinámica de las capturas de recursos marinos en el mar peruano, durante el periodo 1950-2014, empleando las bases de datos de desembarques reportados de FAO ($r = 0,49$; $p < 0,001$) y capturas reconstruidas de *Sea Around Us* ($r = 0,4718$; $p < 0,001$), con el objetivo de evidenciar el efecto de la pesquería en el ecosistema marino peruano y describir su proceso ecosistémico. Para ello, se estimó la tendencia anual de los principales indicadores trofodinámicos (Nivel trófico medio - Ntm y Pesca en Balance - PB) en los subsectores pesqueros industrial, artesanal y subsistencia. Asimismo, se evaluaron las tendencias de los recursos extraídos en base a su categoría trófica y grupo funcional. Pudo evidenciarse la tendencia en declive del Ntm en todos los subsectores lo cual presuntamente estaría relacionado a desbalance ecosistémico. Sin embargo, tomando en cuenta el análisis propuesto por Branch (2015), el declive del indicador Ntm podría estar relacionado a dos escenarios diferentes : un escenario en el cual los recursos de bajo y alto nivel trófico aumentan en el tiempo (proceso *fishing through marine food web* que ocurre aparentemente en el sector pesquero industrial y artesanal, que describe la adición progresiva de nuevas pesquerías) y otro escenario en el que los recursos de bajo nivel trófico aumentan mientras que los recursos de alto nivel trófico disminuyen (*fishing down marine food web*, proceso que estaría por ocurrir en el sector pesquero de subsistencia). Finalmente, se pudo concluir que los procesos ecosistémicos no son excluyentes y pueden ocurrir en una misma región, aunque en diferentes sectores pesqueros; sin embargo, finalmente dependerá del tiempo, región y sector estudiado.

Palabras clave: capturas, desembarques, categoría trófica, *fishing down marine food web*, *fishing through marine food web*

ABSTRACT

In the present work, the dynamics of the captures of marine resources in the Peruvian sea, during the period 1950-2014, were analyzed, using the data bases of reported landings of FAO ($r = 0,49$; $p < 0,001$) and reconstructed catches of *Sea Around Us* ($r = 0,4718$; $p < 0,001$), with the objective of demonstrating the effect of the fishery on the Peruvian marine ecosystem and describing its ecosystem process. For this, the annual trend of the main trophodynamic indicators was estimated (Average trophic level - Ntm and Fishing in Balance - PB) in the industrial, artisanal and subsistence fishing subsectors. Likewise, the trends of the extracted resources were evaluated based on their trophic category and functional group. The declining trend of Ntm in all sub-sectors could be evidenced. However, taking into account the analysis proposed by Branch (2015), the decline of the Ntm indicator could be related to two different scenarios: a scenario in which low and high trophic level resources increase over time (fishing through marine process food web that apparently occurs in the industrial and artisanal fishing sector, which describes the progressive addition of new fisheries) and another scenario in which the resources of low trophic level increase while the resources of high trophic level decrease (fishing down marine food web , process that would be happening in the subsistence fishing sector). Finally, it was concluded that ecosystem processes are not exclusive and can occur in the same region, although in different fishing sectors; however, it will ultimately depend on the time, region and sector studied.

Keywords: catches, landings, trophic category, fishing down marine food web, fishing through marine food web

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. Introducción	1
3. Hipótesis	4
3.1. Hipótesis nula	4
3.2. Hipótesis alternativa.....	4
4. Objetivo	5
4.1. Objetivo general.....	5
4.2. Objetivos específicos.....	5
5. Marco teórico.....	6
5.1. Desarrollo de la pesquería peruana	6
5.2. Nivel trófico (NT)	8
5.3. El Nivel trófico medio (Ntm) y Nivel trófico medio de corte (CorteNtm)	9
5.4. Pescar hacia abajo en la cadena trófica (<i>Fishing down marine food webs</i>).....	9
5.5. Pescar a través en la cadena trófica (<i>Fishing through marine food webs</i>)	10
5.6. Pescar por ganancia (<i>Fishing profit</i>).....	11
5.7. Pesquería en balance (PB).....	11
6. Material y métodos	13
6.1. Área de estudio	13
6.2. Métodos.....	16
6.2.1. Exploración de datos.....	16
6.2.2. Cálculo para estimar la Transferencia de Energía (TE)	17
6.2.3. Cálculo del Nivel Trófico Medio (Ntm)	18
6.2.3. Cálculo del Índice de Pesquería en Balance (PB)	18

6.2.4.	Análisis multivariado.....	19
6.2.5.	Contribución por Grupos funcionales.....	21
6.2.6.	Cálculo de la Producción Primaria Requerida (PPR)	23
7.	Resultados.....	24
7.1.	Evolución temporal de capturas y desembarques	24
7.2.	Transferencia de Energía (TE)	32
7.3.	Tendencia temporal de indicadores trofodinámicos	34
7.3.1.	Nivel trófico medio (Ntm) y Nivel trófico medio de corte (CorteNtm)	34
7.3.2.	Pesquería en Balance (PB).....	39
7.4.	Estructura comunitaria de las capturas	42
7.4.1.	<i>Cluster</i> y Análisis de agrupamiento (nMDS)	42
7.4.2.	Análisis de Componentes Principales (ACP).....	54
7.4.3.	Análisis de similaridad (ANOSIM)	57
7.4.4.	Análisis de contribución por Grupos funcionales	58
7.4.5.	Análisis de Similaridad de Perfiles (SIMPER) y Producción Primaria Requerida (PPR).....	67
8.	Discusión	83
9.	Conclusiones.....	90
10.	Recomendaciones.....	93
11.	Referencias bibliográficas.....	94
12.	ANEXOS	101

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Tendencias temporales de los desembarques reportados para Perú de FAO (columnas negras) y capturas reconstruidas para Perú de SAU (línea gris) en el periodo 1950-2014..... 24
- Figura 2** Diagrama de cajas vertical de los valores de desembarques de FAO y capturas de SAU periodo 1950 - 2014. No se evidencian valores atípicos (asteriscos). El conjunto de datos es simétrico en cada caso. La media y la mediana de ambas datas tienen valores muy cercanos (Tabla 4) 25
- Figura 3** (Superior) Tendencia temporal de los desembarques reportados (FAO) en el periodo 1950-2014. (Medio) Especies clasificadas según categorías tróficas propuestas por Pauly *et al.*, (2002) Herbívoros, detritívoros y omnívoros (Nt: 2.0 - 3.0) (gris), carnívoros de nivel medio (Nt: 3.01-3.50) (negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt > 3.51) (blanco). (Inferior) Detalle de la tendencia de los carnívoros de nivel medio (negro) y grandes predadores (blanco)..... 26
- Figura 4** (Superior) Tendencia temporal de capturas reconstruidas (SAU) en el periodo 1950-2014. (Medio) Capturas reconstruidas (SAU) clasificadas según categorías tróficas propuestas por Pauly *et al.*, (2002) Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (Nt: 2.0 - 3.0) (gris), carnívoros de nivel medio (Nt: 3.01-3.50) (negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt > 3.51) (blanco). (Inferior) Detalle de la tendencia de los carnívoros de nivel medio (negro) y grandes predadores (blanco) 27
- Figura 5** Evolución temporal histórica de desembarques reportados de FAO. Para su análisis, la base de datos de FAO fue clasificada según categoría trófica: Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (presas) (Nt: 2.0 - 3.0)(blanco), carnívoros o depredadores de nivel medio (Nt : 3.01 – 3.50)(negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt>3.51)(gris)..... 29
- Figura 6** Evolución temporal histórica de capturas reconstruidas SAU. Para su análisis, dichas bases de datos fueron clasificadas según categoría trófica: Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (presas) (Nt: 2.0 - 3.0)(blanco), carnívoros o depredadores de nivel medio (Nt : 3.01 – 3.50)(negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt>3.51)(gris)..... 29
- Figura 7** Evolución temporal histórica de capturas reconstruidas SAU y (B) sector artesanal. Para su análisis, dichas bases de datos fueron clasificadas según categoría trófica: Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (Nt: 2.0 - 3.0)(blanco), carnívoros de nivel medio (Nt: 3.01 – 3.50) (negro) , y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt >3.51) (gris)..... 30
- Figura 8** Evolución temporal histórica de capturas reconstruidas SAU del sector pesquero de subsistencia. Para su análisis, dichas bases de datos fueron clasificadas según categoría trófica: Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (Nt: 2.0 - 3.0)(blanco), carnívoros de nivel medio (Nt : 3.01-3.50)(negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt: 3.51) (gris)..... 31

Figura 9 Relación entre el logaritmo de los desembarques y el Ntm en el periodo de 1950 – 2014.(a) Relación entre desembarques reportados (FAO) y nivel trófico medio. La TE fue estimada mediante una regresión lineal con un valor de 0.51. (b) Relación entre los desembarques reconstruidos y el nivel trófico medio. La ET fue estimada mediante una regresión lineal con un valor de 0.12.	32
Figura 10 (arriba) Relación entre el logaritmo de los desembarques y el Ntm en el periodo de 1950 – 2014 de FAO y (abajo) SAU.	33
Figura 11 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte en el nivel 3.25 (3.25Ntm) de registros de desembarques reportados (FAO).36	
Figura 12 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte (3.25Ntm) de capturas reconstruidas (SAU).	36
Figura 13 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte (3.25Ntm) de la pesca industrial (SAU).	37
Figura 14 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte (3.25Ntm) de la pesca artesanal (SAU).	37
Figura 15 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte (3.25Ntm) de la pesca de subsistencia (SAU).	38
Figura 16 (a) Variación temporal del índice pesquería en balance (PB) de los desembarques reportados de FAO y (b) índice de pesquería en balance de capturas reconstruidas de <i>Sea Around Us</i>	40
Figura 17 Variación temporal del índice pesquería en balance (PB) de las capturas reconstruidas de <i>Sea Around Us</i> : subsector industrial, artesanal y subsistencia.....	40
Figura 18 Dendrograma del análisis Cluster de los valores de desembarque reconstruidos <i>Sea Around Us</i> transformados con log (X+1) y el índice de Bray-curtis	44
Figura 19 Dendrograma del análisis Cluster de los valores de captura reconstruida tomando como variables los recursos marinos.....	45
Figura 20 Dendrograma del análisis Cluster de los valores de captura reconstruida <i>Sea Around Us</i> estandarizada y analizada con el índice de distancia Euclidiana	46
Figura 21 Dendrograma del análisis Cluster de los valores de captura reconstruida tomando como variables los recursos marinos.....	47
Figura 22 Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto <i>Sea Around Us</i> . Diagrama de escalamiento multidimensional nMDS en 2D (superior izquierda) y 3D (inferior izquierda) elaborados con el coeficiente de similitud de Bray Curtis (1957) con estrés mínimo de 0.07 y 0.04 respectivamente. Los grupos formados con el 90 % de similitud fueron: Grupo i (1950-1952), Grupo ii (1953-1958), Grupo iii (1959-1961), Grupo iv (1962-1968), Grupo v (1969-1972), Grupo vi (1973-1983), Grupo vii (1984-1989), Grupo viii (1990-2001), Grupo ix (2002-2008), Grupo x (2009-2013), Grupo xi (2014).	48

Figura 23 Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto <i>Sea Around Us</i> . Diagramas de escalamiento multidimensional nMDS en 2D con grupos temporales formados con el 90 % de similitud del índice de Bray-curtis. Se aprecia claramente la influencia de los principales recursos (<i>Engraulis ringens</i> , <i>Sarda chiliensis</i> , <i>Coryphaena hippurus</i> y <i>sardinops sagax</i>) en distribución espacial del periodo evaluado.	50
Figura 24 Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto <i>Sea Around Us</i> . Diagrama de escalamiento multidimensional nMDS en 2D (superior izquierdo) y 3D (inferior izquierdo) elaborados con el coeficiente de distancia Euclidiana con estrés mínimo de 0.03 y 0.01 respectivamente. Los grupos formados fueron: Grupo a (1950-1956), Grupo b (1957-1976, 1993-2014), Grupo c (1983-1985), Grupo d (1977-1982, 1986-1992).....	51
Figura 25 Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto <i>Sea Around Us</i> . Diagramas de escalamiento multidimensional nMDS en 2D con grupos temporales formados con el índice de distancia euclidiana. Se aprecia claramente la influencia de los principales recursos (<i>Engraulis ringens</i> , <i>Sarda chiliensis</i> , <i>Coryphaena hippurus</i> y <i>sardinops sagax</i>) en distribución espacial del periodo evaluado.	53
Figura 26 Gráfico en dos dimensiones de la rutina de ACP con los valores de <i>Sea Around Us</i> . Los grupos temporales son: Grupo i (1950-1952), Grupo ii (1953-1958), Grupo iii (1959-1961), Grupo iv (1962-1968), Grupo v (1969-1972), Grupo vi (1973-1983), Grupo vii (1984-1989), Grupo viii (1990-2001), Grupo ix (2002-2008), Grupo x (2009-2013), Grupo xi (2014).	55
Figura 27 Gráfico en dos dimensiones de la rutina de ACP con los valores de <i>Sea Around Us</i> . Los grupos formados fueron: Grupo a (1950-1956), Grupo b (1957-1976, 1993-2014), Grupo c (1983-1985), Grupo d (1977-1982, 1986-1992).....	55
Figura 28 Gráfico en dos dimensiones de la rutina de ACP con los valores de <i>Sea Around Us</i> . La especie más representativa es <i>Engraulis ringens</i>	56
Figura 29 Tendencia histórica (1950 – 2014) de las capturas según grupo funcional. Base de datos de capturas <i>Sea Around Us</i>	58
Figura 30 Tendencia histórica (1950 – 2014) de las capturas según grupo funcional sin tomar en cuenta a los pelágicos pequeños. Base de datos de capturas <i>Sea Around Us</i>	59
Figura 31 Tendencia histórica (1950 – 2014) de las capturas según grupo funcional sin tomar en cuenta a los pelágicos pequeños y medianos. Base de datos de capturas <i>Sea Around Us</i>	59
Figura 32 Porcentaje de contribución por grupo funcional de peces óseos de hábitat pelágico. Los pelágicos pequeños contaron con el más alto porcentaje de contribución porcentual en casi todos los grupos de años a excepción de los grupos i y vii conformados por los años 1950-1952 y 1984-1989 respectivamente donde los pelágicos medianos contaron con una elevada contribución porcentual.	62

Figura 33 Porcentaje de contribución por grupos funcionales de peces óseos de hábitat demersal. Los peces demersales de tamaño medio contaron con el más alto porcentaje de contribución porcentual en el grupo i (1950-1952). La captura de las especies de hábitat batidemersal de talla media se mantuvo relativamente constante desde inicios de los 70 a excepción del periodo del grupo VIII donde hubo un descenso marcado en su captura. <i>Merluccius gayi peruanus</i> fue la única especie que conformó este grupo funcional.....	62
Figura 34 Porcentaje de contribución de cefalópodos y otros invertebrados bentónicos (<i>C. concholepas</i> , el orden Gasterópoda, orden Bivalvia, <i>Argopecten purpuratus</i> y <i>Aulacomya atra</i>).....	63
Figura 35 Porcentaje de contribución por grupos funcionales de peces óseos de hábitat pelágico. El grupo a (1950-1956) el grupo c (1983-1985) y el grupo d (1977-1982, 1986-1992) se caracterizaron por un mayor porcentaje de pelágicos medianos extraídos...	65
Figura 36 Porcentaje de contribución por grupos funcionales de peces óseos de hábitat demersal.	66
Figura 37 Porcentaje de contribución de cefalópodos e invertebrados bentónicos (<i>C. concholepas</i> , el orden Gasterópoda, orden Bivalvia, <i>Argopecten purpuratus</i> y <i>Aulacomya atra</i>).....	66
Figura 38 Captura en toneladas distribuidas por grupos temporales, base de datos de capturas reconstruidas <i>Sea Around Us</i> , transformación log (x+1), índice Bray-curtis.	72
Figura 39 Producción Primaria Requerida por grupos temporales, base de datos de capturas reconstruidas <i>Sea Around Us</i> , transformación log (x+1) índice Bray-curtis. .	72
Figura 40 Captura en toneladas distribuidas por grupos temporales, base de datos de capturas reconstruidas <i>Sea Around Us</i> , estandarizada. Los grupos temporales según la distribución nMDS fueron: Grupo a (1950-1956), Grupo b (1957-1976, 1993-2014), Grupo c (1983 – 1985) y Grupo d (1977-1982, 1986-1992).....	80
Figura 41 Producción Primaria Requerida por grupos temporales, base de datos de capturas reconstruidas <i>Sea Around Us</i> , estandarizados y analizados con el índice de distancia euclidiana	80

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Fuentes estadísticas de desembarques pesqueros peruanos	14
Tabla 2 Fuentes estadísticas de niveles tróficos, categorías y hábitats	14
Tabla 3 Taxa y niveles tróficos (NT) de especies capturadas según la información de <i>Sea Around Us</i> (SAU) y FAO para el cálculo de indicadores trofodinámicos y análisis multivariado.*Promedio de niveles tróficos de especies peruanas de FishBase y SeaLife. **Tomado de Cortés (1999).....	15
Tabla 4 Estadísticos descriptivos de los valores de desembarques de FAO y SAU (1950-2014)	25
Tabla 5 Grupos y sus respectivos bloques temporales formados con nivel de similitud del 90% según resultados de la rutina CLUSTER con el índice de similitud de Bray-Curtis.....	41
Tabla 6 Grupos y sus respectivos bloques temporales formados con una distancia de 38 según resultados de la rutina CLUSTER con el índice de distancia euclidiana	41
Tabla 7 Valores estadísticos R (R Statistic) y niveles de significancia de las capturas reconstruidas del proyecto <i>Sea Around Us</i> analizado con el índice de distancia euclidiana	57
Tabla 8 Grupos funcionales propuestos por Wonitza y Mendo (2014).....	60
Tabla 9 Contribución porcentual según grupo funcional sugerido por Wonitza y Mendo (2014). Grupos temporales conformados por el índice de Bray-curtis.....	61
Tabla 10 Contribución porcentual según grupo funcional sugerido por Wonitza y Mendo (2014). Grupos temporales conformados por el índice de distancia euclidiana	65
Tabla 11 Captura reconstruida por grupo funcional según grupo temporal – índice Bray-curtis.....	73
Tabla 12 Producción primaria requerida (gCm-2año-1) para sustentar las pesquerías de cada grupo funcional en cada grupo temporal (pelágicos, demersales, bentopelágicos, batidemersales, crustáceos, moluscos, otros invertebrados bentónicos)	74
Tabla 13 Cuadro de la rutina SIMPER del índice Bray-curtis. Se detallan los valores del promedio de captura por especie (Av. Abund), porcentaje de contribución (Contrib. %) y porcentaje acumulado (Cum. %) por grupo temporal. El porcentaje de similitud osciló entre el 91.03% y el 95. 01%. Los grupos analizados fueron: Grupo i (1950-1952), Grupo ii (1953-1958), Grupo iii (1959-1961), Grupo iv (1962-1968), Grupo v (1969-1972), Grupo vi (1973-1983), Grupo vii (1984-1989), Grupo viii (1990-2001), Grupo ix (2002-2008), Grupo x (2009-2013), Grupo xi (2014). No fue posible realizar el análisis SIMPER con el Grupo IX debido a que solo contó con un año en su composición (2014).....	75

Tabla 14 Captura reconstruida por grupo funcional según grupo temporal – índice distancia euclidiana. 81

Tabla 15 Producción primaria requerida (gCm-2año-1) para sustentar las pesquerías de cada grupo funcional en cada grupo temporal (pelágicos, demersales, bentopelágicos, batidemersales, crustáceos, moluscos, otros invertebrados bentónicos) 81

Tabla 16 Cuadro de la rutina SIMPER. Se detallan los valores del promedio de captura por especie (Av. Abund), porcentaje de contribución (Contrib. %) y porcentaje acumulado (Cum. %) por grupo temporal. El porcentaje de similaridad osciló entre el 73.99% y el 84. 93%. Los grupos analizados fueron: Grupo a (1950-1956), Grupo b (1957-1976; 1993-2014), Grupo c (1983-1985), Grupo d (1977-1982; 1986-1992)..... 82

1. Introducción

El Sistema de la Corriente de Humboldt del Norte (SCHN) frente a Perú es el ecosistema marino más productivo del mundo (Chávez *et al.*, 2008) y uno de los cuatro principales sistemas de surgencia a nivel mundial (Bertrand *et al.* 2011), originado por el ascenso de aguas profundas y frías con abundantes nutrientes. El SCHN está íntimamente relacionado a la dinámica del Océano Pacífico ecuatorial y a las grandes fluctuaciones en el clima en varias escalas temporales, estacionales e interanuales (Chávez *et al.*, 2008).

Aprovechando este escenario de elevada productividad, el sector pesquero nacional se desarrolló significativamente desde la década de 1950 (Maldonado y Puertas, 2011) debido al proceso de industrialización y a la elevada demanda del mercado internacional de conservas y enlatados a partir de la segunda guerra mundial. Sin embargo, no fue hasta mediados de los 60's cuando la pesquería llegó a su pico máximo de producción de harina de pescado convirtiéndose, según el informe de la *Internacional Fishmeal and Fish Oil Organization – IFFO* (2008), en la nación líder en volumen desembarcado y producción de harina de pescado.

Debido a este desmesurado crecimiento, la pesquería peruana se convirtió en una actividad fuertemente desarticulada y dispersa en los años 70, lo que dificultó a los organismos de administración y fomento pesquero estructurar una política nacional coherente (Paredes, 2013). Sin embargo, a través de los años el Estado ha implementado reglamentos y leyes suficientes para recuperar y mantener una pesquería sostenible hasta nuestros días.

Siendo el ecosistema marino peruano uno de los más importantes a nivel mundial, es importante realizar estudios sobre la extracción de recursos marinos en todo el proceso de desarrollo de la pesquería para evidenciar los posibles efectos de esta actividad sobre la cadena trófica. Destacados investigadores (Pauly *et al.*; 1998b) consideraron que estos

efectos han tenido posible consecuencia en la variación de los objetivos de la pesquería nacional e internacional a lo largo de los años.

El evaluar el comportamiento del promedio ponderado de los niveles tróficos y capturas por especie es una herramienta que ha venido siendo empleada en innumerables investigaciones (Cortés, 1999; Milessi *et al.*, 2005; Milessi y Jaureguizar, 2013; Laclau y Trifoglio, 2015; Libralato *et al.*, 2004; Villasante, 2009; Pennino *et al.*, 2011; Caillaux., 2011; Christensen y Pauly, 1993; Branch, 2015; entre otros) con la finalidad de entender el efecto de la pesquería sobre un ecosistema; es por ello que en la presente investigación se empleará dicha herramienta junto a otro indicador “Pesquería en Balance” y herramientas estadísticas multivariadas que evidenciarán posibles variaciones de los objetivos de la pesquería nacional a lo largo del periodo estudiado.

2. Justificación de la investigación

Si bien los trabajos de Pauly *et al.* (1998b) y Caillaux (2011) fueron realizados en el Sistema de la Corriente de Humboldt del Norte (SCHN), ambas investigaciones cuentan con importantes limitaciones; mientras que Pauly analizó una base histórica de 1950-1994 de desembarques de toda el área 87 de FAO que comprende la costa de Ecuador, Colombia, Perú y Chile; Caillaux realizó la evaluación de una parte del mar jurisdiccional, analizando los desembarques de la región de Tumbes hasta Ica.

En la presente investigación se propone analizar las tendencias temporales de indicadores trofodinámicos (nivel trófico medio, nivel trófico medio de corte y Pesquería en Balance) en la pesquería industrial, artesanal y de subsistencia, lo cual permitirá conocer si este proceso se viene dando en todo el ecosistema peruano y en cada subsector pesquero. Asimismo, se plantea calcular la producción primaria requerida (PPR) para sostener la pesquería nacional en 64 años de desarrollo y completar dicho análisis con el uso de herramientas estadísticas multivariadas que permitan conocer similitudes entre años de pesca y la contribución por especies en la tendencia temporal de las capturas.

Cabe resaltar que la ausencia del entendimiento de los efectos de la explotación de la pesquería a través de su historia puede conllevar al deterioro de la estructura y funcionalidad del ecosistema marino, dando como resultado la reducción de la abundancia de recursos que sostienen pesquerías de elevada importancia socioeconómica.

El conocimiento generado en el presente trabajo contribuirá a implementar un manejo pesquero con enfoque ecosistémico.

3. Hipótesis

3.1. Hipótesis nula

Los cambios en la dinámica de la composición de las capturas evidencian el proceso *fishing down the marine food webs*, que se traduce en la disminución de la abundancia de especies de elevado nivel trófico y la aparición progresiva de especies de bajo nivel trófico en las capturas históricas.

3.2. Hipótesis alternativa

Los cambios en la dinámica de la composición de los desembarques pesqueros no evidencian el proceso *Fishing down the marine food webs*.

4. Objetivo

4.1. Objetivo general

Determinar la dinámica de las capturas de recursos marinos mediante indicadores trofodinámicos durante los años 1950-2014.

4.2. Objetivos específicos

- Estimar la tendencia de los indicadores trofodinámicos: Nivel trófico medio (Ntm) y Pesquería en Balance (PB).
- Evaluar el agrupamiento por similaridad propuesto por las rutinas *Cluster*, Escalamiento Dimensional No Paramétrico (nMDS) y Análisis de Similitud (ANOSIM) de los datos históricos de captura.
- Corroborar la contribución de cada especie según el análisis de agrupamiento (SIMPER) en cada año de captura.
- Estimar la Producción Primaria Requerida (PPR) que permite sostener la pesca de acuerdo con las categorías de los recursos en el periodo analizado.

5. Marco teórico

5.1. Desarrollo de la pesquería peruana

Según datos históricos recopilados por Maldonado y Puertas (2011), la pesquería industrial en el Perú inició su desarrollo a comienzos de 1930 en una etapa de modernización de la economía del Estado Peruano que se orientaba al tipo de economía liberal¹. En este contexto, la pesquería industrial se dedicaría a extraer especies predatoras como el bonito, el barrilete, la caballa, el tollo y el cazón (Maldonado y Puertas, 2011).

Luego de la gran producción nacional de conservas exportadas a Estados Unidos y a Europa, finalmente afectada por la intervención de Japón, la pesquería industrial pasaría a dedicarse principalmente a la producción de harina de pescado. En sus inicios, la harina de pescado se fabricó a base de machete. En la segunda mitad de la década de los 50' la anchoveta empezó a ingresar a la harina de pescado (Trillo, 2003), y a partir de mediados de los 60', se produjo un acelerado desarrollo de la pesquería industrial anchovetera, que llegó a un pico de más de 12 millones de toneladas en 1970 (Muck, 1989), convirtiéndose desde entonces en el recurso que sustenta la mayor pesquería monoespecífica del mundo.

A principios de la década de los 70', la anchoveta se encontró al borde del colapso debido a los efectos combinados del sobredimensionamiento de la capacidad de flota, desarrollo desmedido de las fábricas procesadoras y al fenómeno El Niño 1972 - 1973. En ese contexto, se desarrollaron otras pesquerías pelágicas de gran importancia como las

¹ El liberalismo económico es una doctrina económica que reclama la mínima interferencia del Estado en la economía del siglo XIX. Se resume en la expresión francesa *laissez faire, laissez passer* («dejen hacer, dejen pasar»). Incluye un espectro de diferentes políticas económicas, tales como la **libertad de circulación de mercancías**, pero siempre **se basa en un fuerte apoyo a la economía de mercado y la propiedad privada**. Se rige por los principios básicos de oferta y demanda (El mercado se regula solo) sin la intervención del estado.

pesquerías de jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus*) y sardina (*Sardinops sagax*). Asimismo, para el caso de las pesquerías demersales, la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) se convirtió en la principal especie debido a la creciente demanda en el mercado internacional de aquel entonces, la mejora de la flota arrastrera y a la firma de convenios de pesca internacionales (Wosnitza-Mendo et al., 2007). Finalmente, para el caso de la pesquería de invertebrados marinos, el recurso que más destacó a partir de los años 90' fue la pota (*Dosidicus gigas*) debido a su alta disponibilidad en el mar peruano y a su creciente demanda en el mercado mundial (Yamashiro, 1996).

A fines de los 90', la biomasa de la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) disminuyó notoriamente en el año 2002 (Wosnitza-Mendo et al., 2007), debido a la intensa explotación ejercida por parte de la flota nacional y extranjera, al aumento de la capacidad de bodega de la flota tradicional y a la aparición de nuevos artes de pesca más efectivos (Wosnitza-Mendo et al., 2007). Por otro lado, el recurso anchoveta llegó a recuperarse y alcanzó en 1994 desembarques similares a los 60' (aprox. 12 millones de toneladas); sin embargo, el evento El Niño 1997 – 1998 afectaría nuevamente la abundancia de este recurso. Durante este escenario oceanográfico, algunas especies de alta mar fueron favorecidas como el atún, el perico, la mayoría de recursos demersales y algunos moluscos. Pero, a diferencia de lo ocurrido en El Niño 1972-1973, la pesquería industrial anchovetera se recuperaría rápidamente debido a la adopción de medidas de gestión oportunas (Bertrand et al., 2011). El sistema de cuotas globales de la pesquería industrial fue reemplazado por el Decreto Legislativo N° 1084 “Ley sobre Límites Máximos de captura por embarcación”² lo cual contribuyó a la recuperación del recurso anchoveta.

² Sistema basado en la asignación de cuotas individuales

Hasta la actualidad, el Estado continúa realizando políticas oportunas que permiten el buen manejo de los recursos marinos.

5.2. Nivel trófico (NT)

Propiedad que puede medirse por diversos métodos, aunque varía con el tiempo en función a determinados factores (como edad y salud) y por tal motivo puede servir como un indicador de estado del organismo. Se puede definir con la siguiente ecuación:

$$NT = 1 + \sum (P_j * NT_j)$$

Donde NT es el nivel trófico, P_j la proporción en peso de la presa y la NT_j el nivel trófico de la presa (Pauly y Palomares, 2005).

Los niveles tróficos de los peces cambian en función al estadio de desarrollo y, para la mayoría, este cambio es un aumento del NT. Por ejemplo, en el caso de los piscívoros como la merluza y el bacalao hay un cambio en el NT desde su fase larval con 3 hasta por encima de 4 en estadios más maduros (Watson y Pauly, 2001). Las únicas excepciones a los cambios son los detritívoros y los herbívoros.

Según estudios de Watson y Pauly (2001), la pesca reduce el tamaño y edad media de los recursos capturados. Por lo mismo, se podría inferir que la actividad extractiva pesquera reduce el NT promedio de las especies. Asimismo, mediante el uso de modelos, demostraron que los cambios ontogénicos en el NT no son la razón principal del descenso en el nivel trófico medio (N_{tm}) en series de tiempo extensas. Por lo tanto, dedujeron que la magnitud de este efecto es baja en comparación con el impacto de la pesquería en la trama trófica, que podría ser analizada en la composición de especies desembarcadas. Por lo mismo, para un correcto análisis, se debe poner énfasis en la calidad de los datos de captura. A pesar de esta afirmación, es preciso agregar que no se entiende

completamente el comportamiento del índice Ntm, pero se han adoptado otras rutinas que complementan el análisis del mismo.

5.3. El Nivel trófico medio (Ntm) y Nivel trófico medio de corte (CorteNtm)

El Nivel trófico medio es un indicador trofodinámico ampliamente usado a escala global y regional (Libralato *et al.*, 2004; Bhathal y Pauly, 2008; Comesaña y Nogueira, 2013). Es conocido como *Marine Trophic Index* (MTI) o Índice Trófico Marino (ITM) desde la Convención sobre Diversidad Biológica celebrada en el 2004. Fue seleccionado como uno de los “Indicadores Eco sistémicos para Manejo de Pesquerías” (*Ecosystem Indicators for Fisheries Management*) para evaluar el proceso de la reducción de la biodiversidad. El Ntm analiza la evolución temporal de las capturas que puede sugerir cambios en la estructura trófica del ecosistema marino causados por la pesquería (Pauly *et al.*, 1998b).

5.4. Pescar hacia abajo en la cadena trófica (*Fishing down marine food webs*)

El proceso conocido como *fishing down the marine food webs* o también “Pescar hacia abajo en la red trófica” ocurre cuando el objetivo de las pesquerías mundiales cambia de piscívoros de elevado nivel trófico a especies presa, invertebrados y planctívoros de bajo nivel trófico. Este proceso ya ha sido estudiado por numerosos autores desde 1998 (Cortés, 1999; Milessi *et al.*, 2005; Milessi y Jaureguizar, 2013; Laclau y Trifoglio, 2015; Libralato *et al.*, 2004; Villasante, 2009; Pennino *et al.*, 2011; Christensen y Pauly, 1993, Branch, 2015), año en el cual Pauly (1998b) propuso su denominación y demostró, junto a sus colaboradores, que *fishing down marine food webs* ocurría en el Pacífico Sur (áreas 81 y 87 de FAO), en la Antártida (áreas 48,58 y 89 de FAO), Pacífico Norte (áreas 61 y 67 de FAO), Atlántico Noroeste y Oeste central (áreas 21 y 31 de FAO), Atlántico Noreste (área 27 de FAO), Mediterráneo (área 37 de FAO), Pacífico central Sureste (área 77 de

FAO), Este central y Atlántico Sudeste (áreas 41 , 34 y 47) y Pacífico Oeste (áreas 51, 57 y 71 de FAO) . Finalmente, también demostró la ocurrencia de este fenómeno a nivel global en las áreas marinas e islas. Este trabajo se realizó empleando los desembarques pesqueros del periodo 1950-1994 de FAO. Para el caso del Pacífico Sur que comprende la costa de Ecuador, Colombia, Perú y Chile, se reportó una amplia fluctuación del Nivel trófico medio (Ntm) debido al crecimiento de la industria peruana anchovetera (nivel trófico de 2.9) a mediados de los años 50', su colapso en los 70' y el posterior desarrollo de la pesquería de altamar de la caballa (3.4) y el jurel (3.3) con niveles tróficos altos.

5.5. Pescar a través en la cadena trófica (*Fishing through marine food webs*)

Essington *et al.* (2006) propusieron una hipótesis alternativa a *fishing down marine food webs* que también explicaría la disminución de la tendencia del indicador Nivel trófico medio (Ntm): *Fishing through marine food webs* o la “pesca a través de la cadena trófica”. Este proceso fue definido como la “adición sucesiva de nuevas pesquerías, sin disminuir los desembarques de pesquerías de alto nivel trófico” por lo que las nuevas pesquerías de recursos objetivos se estarían adicionando a las pesquerías ya existentes. Debido a que la investigación de Essington y colaboradores (2006) evaluaron la tendencia del Ntm por grupos de especies que compartirían determinados rangos de niveles tróficos, se concluyó que, en la gran mayoría de los casos, el proceso de adición de pesquerías no implicaría que las poblaciones de la región estén ecológicamente “sanas”. Además, también propusieron que el aumento de los desembarques estaría relacionado a un aumento en la tasa de explotación que podría, con el tiempo, reducir la abundancia de los recursos en el medio marino.

5.6. Pescar por ganancia (*Fishing profit*)

Recalcando que la pesca industrial moderna es una actividad comercial enfocada en la obtención de ganancias, Sethi y colaboradores (2010) manifestaron que los indicadores de los efectos de la pesquería deberían estar relacionados a los costos y beneficios económicos. Para fundamentar esta hipótesis, evaluaron bases de datos históricas de precios y capturas a nivel mundial y comprobaron que existía una regresión lineal entre el nivel trófico y los índices de precios de embarcaciones o ingresos brutos anuales³, con lo cual concluyeron que los patrones de conducta de la pesquería industrial podría regirse por la economía al ser una actividad comercial, captando inicialmente (que fue reportado a nivel mundial a comienzos de los años 50) especies superficiales de gran tamaño y con altos precios para luego agregar una mezcla de manera gradual de las especies menos deseables.

5.7. Pesquería en balance (PB)

Indicador ecosistémico que requiere de los valores de Nivel trófico medio (Ntm), capturas o desembarques, y el valor de transferencia de energía del ecosistema (ET) para analizar el nivel de sostenibilidad de la pesquería de una región determinada. El índice de Pesquería en Balance (PB) es calculado para saber si la pesca se encuentra equilibrada en términos ecológicos (Pauly *et al.*, 2000). Un aumento en la PB indicaría que la pesquería se enfoca a extraer nuevas especies con una elevada abundancia de desembarque o captura. Este indicador se define de la siguiente manera:

³ Base de datos de precios de embarcaciones de la Unidad de Investigación de Economía Pesquera (FERU)

$$PB = \log \left(Dj * \left(\frac{1}{ET} \right)^{Ntmi} \right) - \log \left(D0 * \left(\frac{1}{ET} \right)^{Ntm0} \right)$$

Donde:

Dj = captura o desembarque total por año

D0 = captura o desembarque total base

ET = energía de transferencia

Ntmi = Nivel trófico medio en el año i

Ntm0 = Nivel trófico medio del año base

5.8. Transferencia de energía

Pauly y Christensen (1995) calcularon la media de la Transferencia de energía de los ecosistemas marinos más importantes del mundo y propusieron que el valor de eficiencia de transferencia predeterminado fuese 0,1 (es decir, el 10% de la producción se transfiere al siguiente nivel trófico). Sin embargo, este valor puede oscilar dependiendo del ecosistema y del periodo de tiempo en el cual se trabaja (Pauly y Palomares, 2005).

6. Material y métodos

6.1. Área de estudio

El área de estudio abarcó todo el mar peruano, desde la Boca de Capones (Tumbes) en el Norte, hasta la Línea de la Concordia (Tacna) en el Sur, y desde la línea de la costa hasta las 200 millas náuticas (mn).

6.2. Capturas y desembarques

Los registros históricos de capturas y desembarques analizados proceden de dos fuentes de información: *Food and Agricultural Organization* (FAO) y *Sea Around Us* (SAU) (Pauly y Zeller, 2015). Asimismo, se consultaron reportes oficiales del Ministerio de la Producción y del Instituto Nacional de Estadística e Informática (Tabla 1). La información recopilada comprende más del 98 % del total de capturas en el periodo de estudio (1950 – 2014). Dicha información fue complementada con los valores de niveles tróficos de 62 taxa de los portales web *FishBase* (Froese y Pauly, 2017), *SeaLifebase* (Palomares y Pauly, 2017) y de publicaciones científicas relacionados a estudios tróficos (Cortés, 1999; Milessi et al., 2005; Milessi y Jaureguizar, 2013; Laclau y Trifoglio, 2015; Libralato et al., 2004; Villasante, 2009; Pennino et al., 2011; Christensen y Pauly, 1993; Comesaña y Nogueira, 2013; Sethi et al., 2010; Branch, 2015; Essington et al., 2006).

Cabe precisar que algunas especies fueron agrupadas por nombre común en los registros oficiales de desembarque de PRODUCE por lo que se calculó un nivel trófico promedio en estos casos.

Tabla 1 Fuentes estadísticas de desembarques pesqueros peruanos

Fuente	Periodo	Detalle
Anuario Estadístico 2010 (Ministerio de la producción)	2001-2010	Desembarque de recursos marítimos según especie
Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2014 (Ministerio de la producción)	2005-2014	Desembarque de recursos marítimos para consumo humano directo según especie
Compendio Estadístico Perú 2015 (INEI)	2006-2013	Desembarque de recursos marítimos según especie
<i>Food and Agricultural Organization</i> (FAO)	1950-2014	Desembarques
<i>Global Atlas of Marine Fisheries</i>	1950-2014	<i>Reconstruction of total marine fisheries catches for Peru: 1950-2014</i>

Tabla 2 Fuentes estadísticas de niveles tróficos, categorías y hábitats

Fuente	Detalle
<i>FishBase</i>	Niveles tróficos, categorías y hábitats de peces óseos y cartilaginosos.
<i>SeaLifeBase</i>	Niveles tróficos, categorías y hábitats de crustáceos y moluscos.

Tabla 3 Taxa y niveles tróficos (NT) de especies capturadas según la información de *Sea Around Us* (SAU) y FAO para el cálculo de indicadores trofodinámicos y análisis multivariado. *Promedio de niveles tróficos de especies peruanas de *FishBase* y *SeaLife*. **Tomado de Cortés (1999)

N°	Nombre científico	NT	N°	Nombre científico	NT
1	<i>Acanthocybium solandri</i>	4,30	32	<i>Katsuwonus pelamis</i>	4,40
2	<i>Alopias Thresher</i>	4,06*	33	Loligo	3,20**
3	<i>Anchoa nasus</i>	3,50	34	Malacanthidae	3,03*
4	Anguilliformes	3,84*	35	<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,30
5	<i>Argopecten purpuratus</i>	2,10**	36	Mollusca	3,20**
6	<i>Aulacomya atra</i>	2,10**	37	<i>Mugil cephalus</i>	2,50
7	Bivalvia	2,04*	38	<i>Odontesthes regia</i>	4,00
8	<i>Brama australis</i>	4,00	39	<i>Panulirus gracilis</i>	2,52
9	Carangidae	3,01*	40	<i>Paralabrax humeralis</i>	4,10
10	<i>Carcharhinus falciformis</i>	4,50	41	Paralichthyidae	4,05*
11	<i>Carcharhinus longimanus</i>	4,20	42	<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,20
12	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,70	43	<i>Pleuroncodes monodon</i>	2,52
13	<i>Cilus gilberti</i>	3,70	44	Pleuronectiformes	4,06*
14	Clupeiformes	3,28*	45	<i>Prionace glauca</i>	4,40
15	<i>Concholepas concholepas</i>	2,10**	46	<i>Prionotus stephanophrys</i>	3,50
16	Coryphaena	4,20	47	Rajiformes	3,65*
17	<i>Coryphaena hippurus</i>	4,40	48	<i>Sarda chiliensis</i>	4,50
18	<i>Cynoscion analis</i>	4,10	49	<i>Sardinops sagax</i>	2,80
19	<i>Dosidicus gigas</i>	3,20	50	Sciaenidae	3,00*
20	Elasmobranchii	3,65	51	<i>Scomber japonicus</i>	3,40
21	<i>Engraulis ringens</i>	2,90	52	<i>Scomberomorus sierra</i>	4,50
22	<i>Ethmidium maculatum</i>	2,10**	53	Scombridae	4,50*
23	<i>Euthynnus lineatus</i>	3,80	54	Seriotelele	3,50*
24	Gastropoda	2,10**	55	Serranidae	3,70*
25	Haemulidae	3,50*	56	Teuthida	3,20*
26	<i>Isacia conceptionis</i>	2,90	57	<i>Thunnus alalunga</i>	4,50
27	<i>Istiompax indica</i>	4,50	58	<i>Thunnus albacares</i>	4,50
28	Istiophoridae	4,50	59	<i>Thunnus obesus</i>	4,50
29	<i>Istiophorus platypterus</i>	4,50	60	<i>Thunnus orientalis</i>	4,50
30	Isurus	4,05*	61	<i>Trachurus murphyi</i>	3,30
31	<i>Kajikia audax</i>	4,50	62	<i>Xiphias gladius</i>	4,50

6.2. Métodos

Se usaron rutinas de estadística multivariada para analizar cambios en la estructura y composición en las especies capturadas (CLUSTER, ANOVA, SIMPER). Cabe precisar que estas técnicas son herramientas útiles para explorar matrices de datos con gran número de variables pues contribuyen a su descripción o agrupamiento tomando en cuenta varias características en búsqueda de patrones y relaciones para generar hipótesis (Franco y Hidalgo, 2003). El procedimiento para analizar los datos históricos de desembarque de FAO (1950 - 2014) y de capturas reconstruidas de *Sea Around Us* (1950 – 2014) será detallado en el subtítulo siguiente.

6.2.1. Exploración de datos

Para la exploración de la data, se calcularon algunos parámetros estadísticos como medidas de posición (media y mediana), medidas de dispersión (desviación estándar, varianza), entre otros datos de importancia (valores mínimos, valores máximos, sumas totales).

Mientras que la base de datos de desembarques históricos de FAO fue explorada y evaluada de manera integral (sus datos solo estaban distribuidos por recursos y año), la base de datos de capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us* (SAU) fue analizada en tres subsectores diferentes: subsector industrial, artesanal y de subsistencia. Esta data puede descargarse estructurada y dividida en los tres subsectores mencionados. Según Mendo y Wosnitza-Mendo, 2014, esta base de datos fue reconstruida a partir de fuentes oficiales (PRODUCE y FAO), trabajos de investigación (Caillaux, 2011; Castillo y Mendo, 1987), uso de artes de pesca empleados por el sector pesquero (Wosnitza-Mendo *et al.*, 1989) y estimaciones a partir de censos nacionales (Estrella *et al.*, 2011).

Para un mejor análisis de datos, se elaboraron gráficos de barras, gráficos de líneas y

gráficos de dispersión. Adicionalmente, se realizaron gráficos de cajas para observar la simetría de los datos en ambas bases. Además, se elaboraron gráficos con áreas en los cuales se consideró la clasificación de los recursos propuesta por Pauly *et al.* (2002)⁴ según categorías tróficas.

Para el análisis de las tendencias de los recursos hidrobiológicos a través del tiempo, se aplicó la transformación logarítmica ($\log(x + 1)$) a las variables principales (capturas y desembarques).

6.2.2. Cálculo para estimar la Transferencia de Energía (TE)

Si bien en la mayoría de investigaciones científicas relacionadas a trofodinámica se emplea un valor de 10 % de Transferencia de Energía (TE)⁵, en la presente investigación se recalculó el valor de TE del Sistema de Corriente de Humboldt del Norte (SCHN). Pauly y Palomares (2005) proponen el cálculo de la TE con un modelo matemático de regresión lineal que relaciona el Ntm anual con el logaritmo de las capturas totales por año.

Modelo propuesto por Pauly y Palomares (2005)

$$Ntm = \frac{1}{\log TE} \cdot \log(D_{ij}) + K$$

Donde:

- *Ntm* : Nivel trófico medio anual
- $\log(D_{ij})$: variable independiente, logaritmo de la captura anual
- *K*: término aleatorio

⁴ Pauly *et al.*, (2002) propusieron tres categorías tróficas que permiten clasificar a los recursos marinos por rango de su nivel trófico: Herbívoros, detritívoros y omnívoros (Nt: 2.0 - 3.0), carnívoros de nivel medio (Nt: 3.01-3.50), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt > 3.51).

⁵ Valor promedio estimado por Pauly y Christensen (1995) basándose en un total de 48 modelos tróficos de múltiples ecosistemas marinos del mundo.

6.2.3. Cálculo del Nivel Trófico Medio (Ntm)

Para calcular el índice Ntm se multiplicó la captura total por año (D_{ij}) y el nivel trófico de cada taxón (N_{ti}). *Este resultado se dividió con la suma de los valores de capturas totales. El índice “nivel trófico medio de corte” (corteNtm) fue recomendado y planteado por Pauly y Watson (2004), en cuyos cálculos se omitieron las especies de niveles tróficos menores a 3.25 como la anchoveta, moluscos y crustáceos. Finalmente, se graficaron las tendencias del Ntm y el corteNtm.*

$$Ntm = \frac{\sum_i^n D_{ij} * N_{ti}}{\sum_i^n D_{ij}}$$

6.2.3. Cálculo del Índice de Pesquería en Balance (PB)

Se calculó el índice de PB empleando los datos de captura total por año (D_j), la transferencia de energía (TE), Ntm_j el nivel trófico medio por año j , D_0 la captura total base y el Ntm_0 el nivel trófico medio del mismo.

$$PB = \log \left(D_j * \left(\frac{1}{TE} \right)^{Ntm_j} \right) - \log \left(D_0 * \left(\frac{1}{TE} \right)^{Ntm_0} \right)$$

Estudios previos corroboran que el proceso *fishing down* ocurre cuando, solo en una etapa inicial, las capturas aumentan para después disminuir y desbalancear el índice de Pesquería en Balance (PB). Es importante mencionar que el resultado del índice PB es analizado por los autores según los siguientes criterios:

- Cuando el índice de PB es cercano a cero ($PB = 0$) la actividad extractiva se encuentra “balanceada en términos ecológicos” debido a que no existe desequilibrio en la transferencia de energía entre un nivel trófico a otro y por lo tanto la pesquería no ha afectado la trama trófica del ecosistema.
- Si el índice PB es superior a cero ($PB > 0$) es probable que en el ecosistema marino ocurra el efecto *bottom up* en el cual existe un aumento en la productividad primaria. Otra posibilidad es que las pesquerías se hayan expandido y que la tasa

de explotación se encuentre muy elevada lo que podría implicar que los stocks se vean afectados posteriormente.

- Si el índice es inferior a cero ($PB < 0$) hay un desbalance muy pronunciado de la transferencia de energía por lo que el funcionamiento del ecosistema marino ha sido afectado en términos ecológicos debido al descenso de la biomasa en el ecosistema.

Finalmente, para una mejor visualización del mismo, se realizaron gráficos de dispersión del Índice de Pesquería en Balance (PB) con la tendencia de los tres subsectores pesqueros de la base de datos de SAU.

6.2.4. Análisis multivariado

Se usó la versión 6.1.6 y 7 de PRIMER-E para realizar análisis multivariado con las rutinas *Cluster*, Escalamiento Dimensional No Paramétrico (nMDS), Análisis de componentes principales (ACP), Análisis de Similaridad (ANOSIM) y contribución de cada especie (SIMPER). Para efectuar un correcto análisis de la estructura comunitaria del ecosistema marino peruano, se empleó la base de datos de las capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us* (SAU) debido a que sus valores englobaban tanto los desembarques reportados como descartes estimados. El procedimiento fue el siguiente:

1. Se realizaron dos tipos de modificaciones a la base de datos de capturas: una de ellas fue estandarizada mientras que otra fue transformada⁶ con la opción

⁶ Según las recomendaciones de Clarke y Warwick (2001) es importante la buena elección de la transformación de los datos en un análisis multivariado debido a que la elección de la transformación de la secuencia puede afectar las conclusiones de un análisis (incluso puede llegar a tener más efecto que la elección del coeficiente de similitud o del método de ordenación). La elección práctica es a menudo entre una transformación moderada (raíz cuadrada) y bastante severa (raíz cuarta o logaritmo), que retiene la información cuantitativa ganada con mucho esfuerzo, pero minimizando los dominantes de la especie. Los números dominantes pueden ser muy variables espacialmente. Con los datos no transformados, un MDS de biomasa (por ejemplo) puede distorsionarse por una sola captura casual de una especie de cuerpo muy grande, al igual que una abundancia de MDS mediante la captura de larvas o colonizadores oportunistas con un

$\log(x+1)^7$.

2. Se calcularon las matrices de semejanza con la rutina *resemblance*. Se usaron dos tipos de índices: **distancia euclidiana y Bray-curtis**. El primer índice se aplicará a la base de datos estandarizada y el segundo en la base de datos transformada.
3. Se usaron las rutinas *Cluster* y SIMPROF para obtener un dendrograma con estructuras estadísticas significativas en ambas matrices de semejanza.
4. La rutina Escalamiento Dimensional No Paramétrico (nMDS) permitió complementar los resultados anteriores con una representación bidimensional de los datos.
5. Se empleó la rutina ACP para evidenciar la influencia de los años sobre la disposición de las especies capturadas.
6. La rutina Análisis de Similitud (ANOSIM) contribuyó a conocer el grado de similitud o diferencia entre las agrupaciones formadas según las rutinas *Cluster*, SIMPROF y nMDS.
7. Se empleó la rutina Perfil de Similitud (SIMPER) para conocer las especies que contribuyen en cada agrupación efectuada, según las rutinas *Cluster*, SIMPROF y nMDS.

Cabe mencionar que el método de medición de la distancia determinará los resultados finales; mientras que la distancia Euclidiana mide la longitud del vector entre los valores de abundancia ($\sqrt{\sum (x_{ai} - x_{bi})^2}$), la distancia de Bray-Curtis (también llamado índice) define la diferencia absoluta en la abundancia de especies $\left(\sum_{i=1}^R \frac{(x_{ai} - x_{bi})}{(x_{ai} + x_{bi})}\right)$ Debido a esto,

fuerte grado de agrupamiento espacial. Por ello, dependiendo de lo que se pretende buscar en la exploración de los datos, se irán realizando pruebas con todas las transformaciones disponibles, dejando a criterio del investigador su elección.

⁷ La transformación $\log(X+1)$ reduce la dominancia de las especies con mayores abundancias.

este índice proporciona pesos relativamente similares, mientras que la distancia Euclideana depende en mayor medida de las especies más abundantes.

6.2.5. Contribución por Grupos funcionales

Para contar con una visión general de la dinámica de la captura de los recursos en el periodo estudiado, se graficaron las contribuciones porcentuales según grupos funcionales⁸ por medio de gráficos de áreas (**Tabla 8**). Este criterio de clasificación fue propuesto por Wosnitza y Mendo (2014), el cual se basa en la clasificación taxonómica, las preferencias del hábitat de los recursos y su talla promedio de captura. Para la clasificación del hábitat, se tomó como referencia la distribución de los recursos según la profundidad en la columna de agua en la mayoría de casos y en otros según su cercanía a la costa:

- Recursos pelágicos: aquellos que habitan predominantemente en aguas medias o cerca de la superficie del agua. Su distribución suele limitarse a la zona fótica que abarca toda la superficie oceánica hasta una profundidad de 200 metros. La anchoveta (*Engraulis ringens*), el machete (*Ethmidium maculatum*), la anchoa (*Anchoa nasus*) serían algunos ejemplos.
- Recursos demersales: aquellos que viven cerca al fondo marino sin contar con una relación estrecha.
- Recursos bentónicos: ecológicamente ligados al lecho marino para su desarrollo.

⁸ Los grupos funcionales se definen en base a características ecológicas cruciales: taxonomía, hábitat (pelágico, batidemersal, bentopelágico y demersal) y tamaño individual (pequeño, mediano y grande). Este sistema de agrupamiento, además de facilitar los estudios ecológicos, es útil para estudiar los efectos de las artes de pesca, tipos de pesquería, importancia comercial, entre otros. Se emplea comúnmente en procesos de modelamiento de ecosistemas en programas como Ecopath with Ecosim (Christensen, 2009).

- Recursos bentopelágicos: engloba recursos que se alimentan cerca del fondo pero en la mitad de la columna de agua.
- Recursos batipelágicos y batidemersales: se refieren a los taxones que viven en la zona de profundidad de 1000-4000 m.

Otros recursos se clasificaron como *asociados* a la costa (familia Serranidae y Haemulidae). y los demás según su Clase: condriactos (tiburones, mantarrayas); y Subphylum y hábitat respectivo: invertebrados bentónicos (cefalópodos, camarones, langostas y cangrejos).

Finalmente, también se tomó en cuenta la talla promedio de captura: los individuos de talla menor de 30 cm ($LT < 30$ cm) se clasificaron como recursos “pequeños” (*p.e.* anchoveta, machete, anchoa y pejerrey), los individuos de talla entre 30 a 90 cm (30-89 cm) se denominaron como recursos “medianos” (*p.e.* sardina, caballa, jurel, bonito, merluza entre otros), y aquellos que tuvieron más de 90 cm ($LT > 90$ cm; *p.e.* atún, pez espada) se llamaron recursos “grandes”. Cabe precisar que este sistema de agrupación (grupos funcionales), además de facilitar estudios ecológicos, es útil para estudiar los impactos de los artes de pesca.

El análisis de contribución por grupos funcionales se realizó con la base de datos del proyecto *Sea Around Us*, según los grupos temporales conformados por el índice de similaridad de Bray-Curtis (grupo i – grupo xi) y el índice de distancia euclidiana (grupo a - grupo d). Para una mejor visualización, se elaboraron gráficos de barras según grupos funcionales y grupos temporales.

Se aplicó la transformación logarítmica de los datos para reducir la dispersión de los valores empleados, destacando los recursos de baja descarga y reduciendo la dominancia de los recursos de mayor abundancia. Luego de la transformación, se procedió a graficar

las dispersiones temporales según grupos funcionales⁹. Finalmente, se calculó el *coeficiente de correlación de Pearson* en cada tendencia para determinar el tipo de correlación entre las variables.

6.2.6. Cálculo de la Producción Primaria Requerida (PPR)

Este índice se calculó empleando la siguiente ecuación propuesta por Pauly y Christensen (1995) y Cubillos (1998):

$$PPR = D * TE^{(Nt-1)}$$

Donde D es el desembarque, TE es la Transferencia de energía y Nt es el nivel trófico del recurso.

⁹ La clasificación de grupos funcionales es ampliamente empleada en programas estadísticos como Ecopath con Ecosim. Los grupos se definen en base a características ecológicas cruciales: taxonomía, hábitat (pelágico, batidemersal, bentopelágico y demersal) y tamaño individual (pequeño, mediano y grande).

7. Resultados

7.1. Evolución temporal de capturas y desembarques

Los registros de desembarques reportados para Perú según FAO y las capturas reconstruidas de *Sea Around Us* (SAU) presentan tendencias temporales similares, con valores máximos en 1970 de 12,47 millones de toneladas, según los desembarques de FAO, y 16,65 millones de toneladas según los valores de SAU (**Figura 1**). Los coeficientes de correlación de Pearson calculados para ambas bases de datos ($r = 0,49$ para los valores de FAO; $r = 0,4718$ para los valores de SAU) refieren que existe una relación lineal ascendente positiva moderada entre los valores de desembarque y los años estudiados. La media de desembarques anuales según FAO es de 5.560.206 toneladas ($\sigma = 3,332$), mientras que según SAU es de 7.030.854,52 toneladas ($\sigma = 4,349$). Ambas bases de datos contienen datos anuales históricos con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.001$).

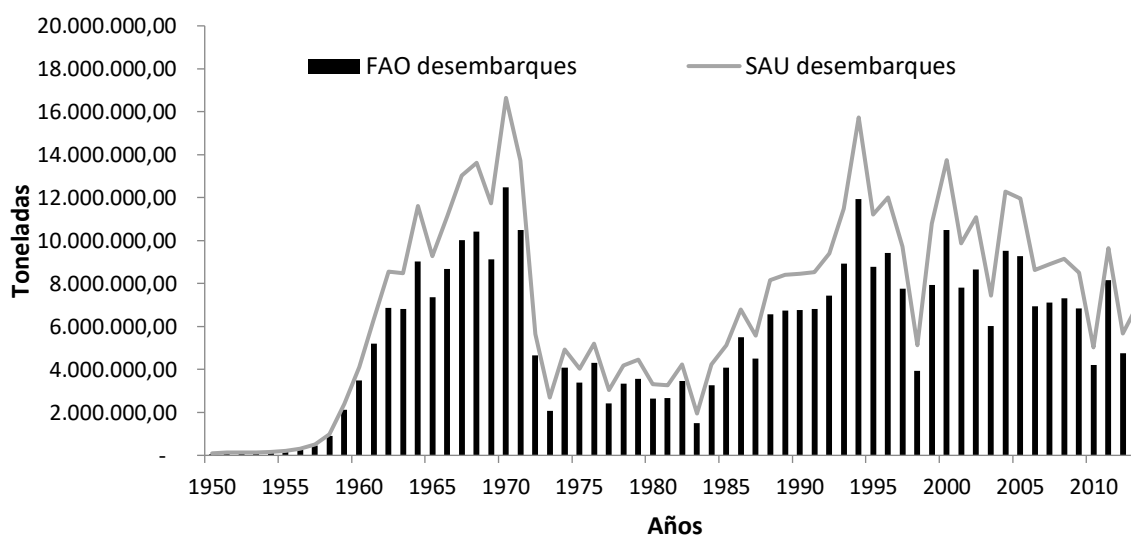


Figura 1 Tendencias temporales de los desembarques reportados para Perú de FAO (columnas negras) y capturas reconstruidas para Perú de SAU (línea gris) en el periodo 1950-2014

Tabla 4 Estadísticos descriptivos de los valores de desembarques de FAO y SAU (1950- 2014)

Estadísticos descriptivos				
BD	Media (t)	Mediana (t)	Mínimo (t)	Máximo (t)
SAU	7.030.854,52	7.224.761,32	94.149,34	16.646.811,21
FAO	5.560.206,50	5.896.063,00	71.100,00	12.471.000,00

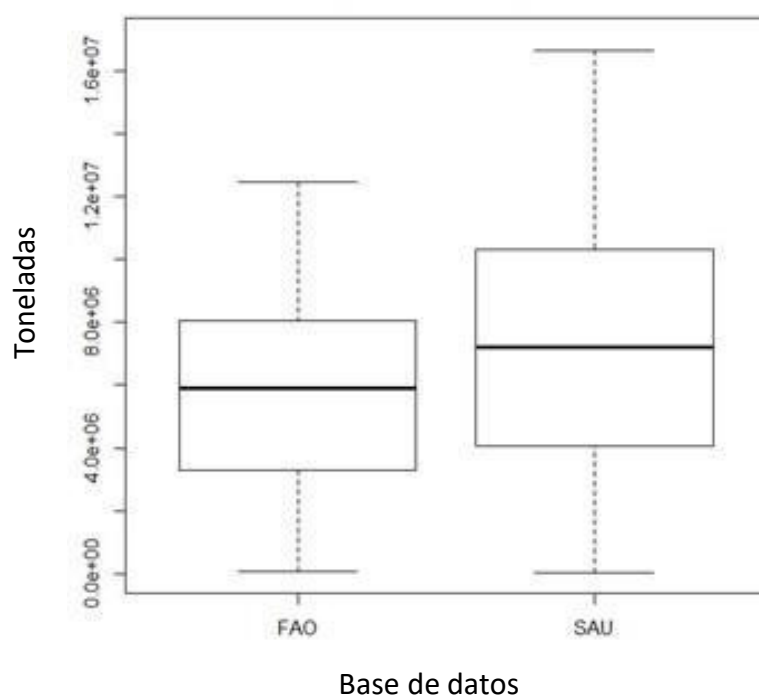


Figura 2 Diagrama de cajas vertical de los valores de desembarques de FAO y capturas de SAU periodo 1950 - 2014. No se evidencian valores atípicos (asteriscos). El conjunto de datos es simétrico en cada caso. La media y la mediana de ambas datas tienen valores muy cercanos (**Tabla 4**)

Analizando los registros de desembarques reportados por FAO (**Figura 3**), la tendencia temporal de desembarques se incrementa considerablemente de 71.100 toneladas en 1950 a más de 12 millones de toneladas en 1970 (valor máximo de toda la tendencia). Luego, los desembarques decrecen hasta llegar a las 2.078.381 toneladas en 1973. Se aprecia un segundo incremento que llega hasta los 11,9 millones de toneladas en 1994 (segundo pico de mayor valor) para luego descender escalonadamente fluctuando entre las 10.489.420 toneladas en el 2000 hasta un mínimo de 3.476.557 toneladas en el 2014.

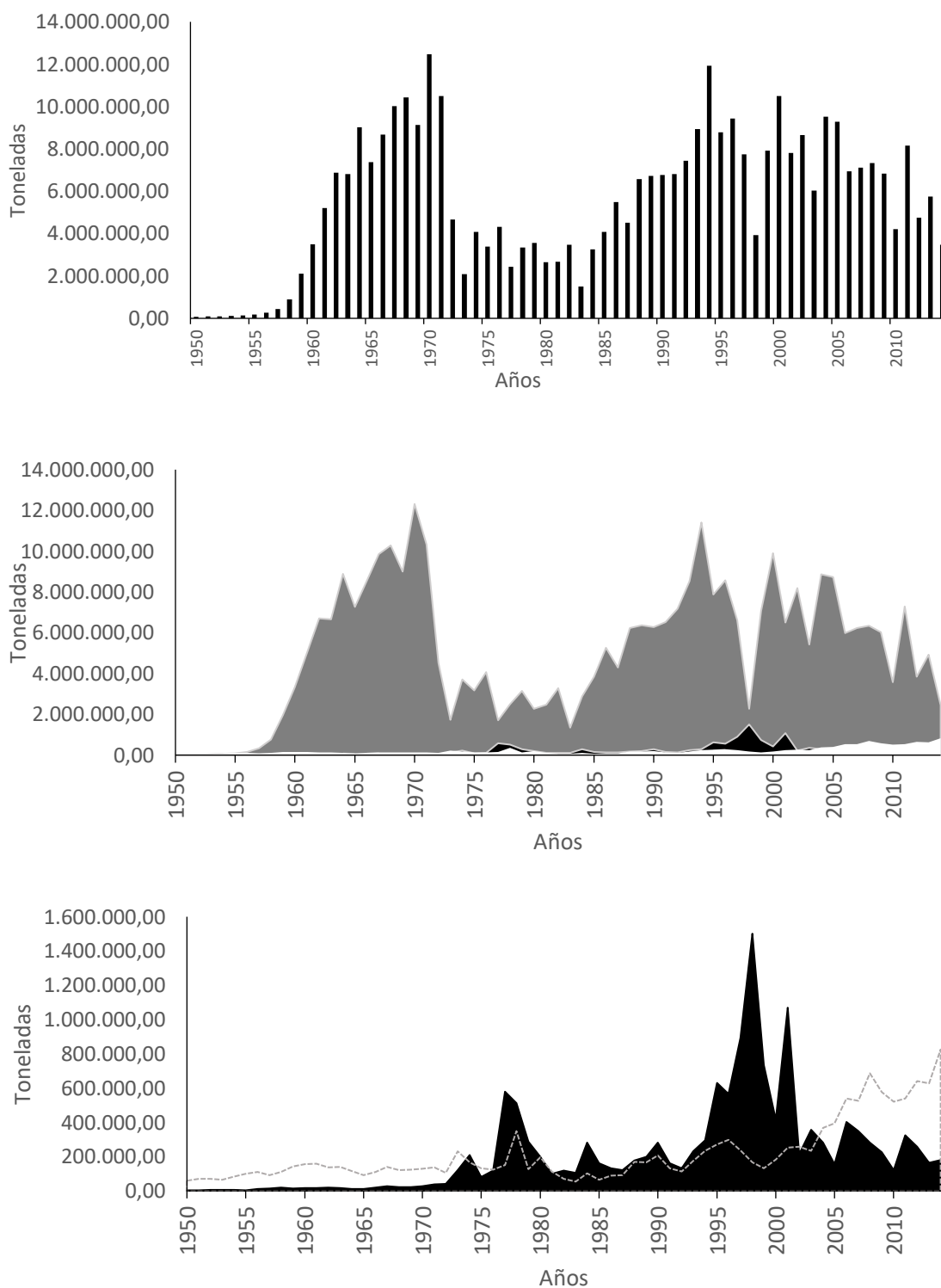


Figura 3 (Superior) Tendencia temporal de los desembarques reportados (FAO) en el periodo 1950-2014. (Medio) Especies clasificadas según categorías tróficas propuestas por Pauly *et al.*, (2002) Herbívoros, detritívoros y omnívoros (Nt: 2,0 – 3,0) (gris), carnívoros de nivel medio (Nt: 3,01 - 3,50) (negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt > 3,51) (blanco). (Inferior) Detalle de la tendencia de los carnívoros de nivel medio (negro) y grandes predadores (blanco).

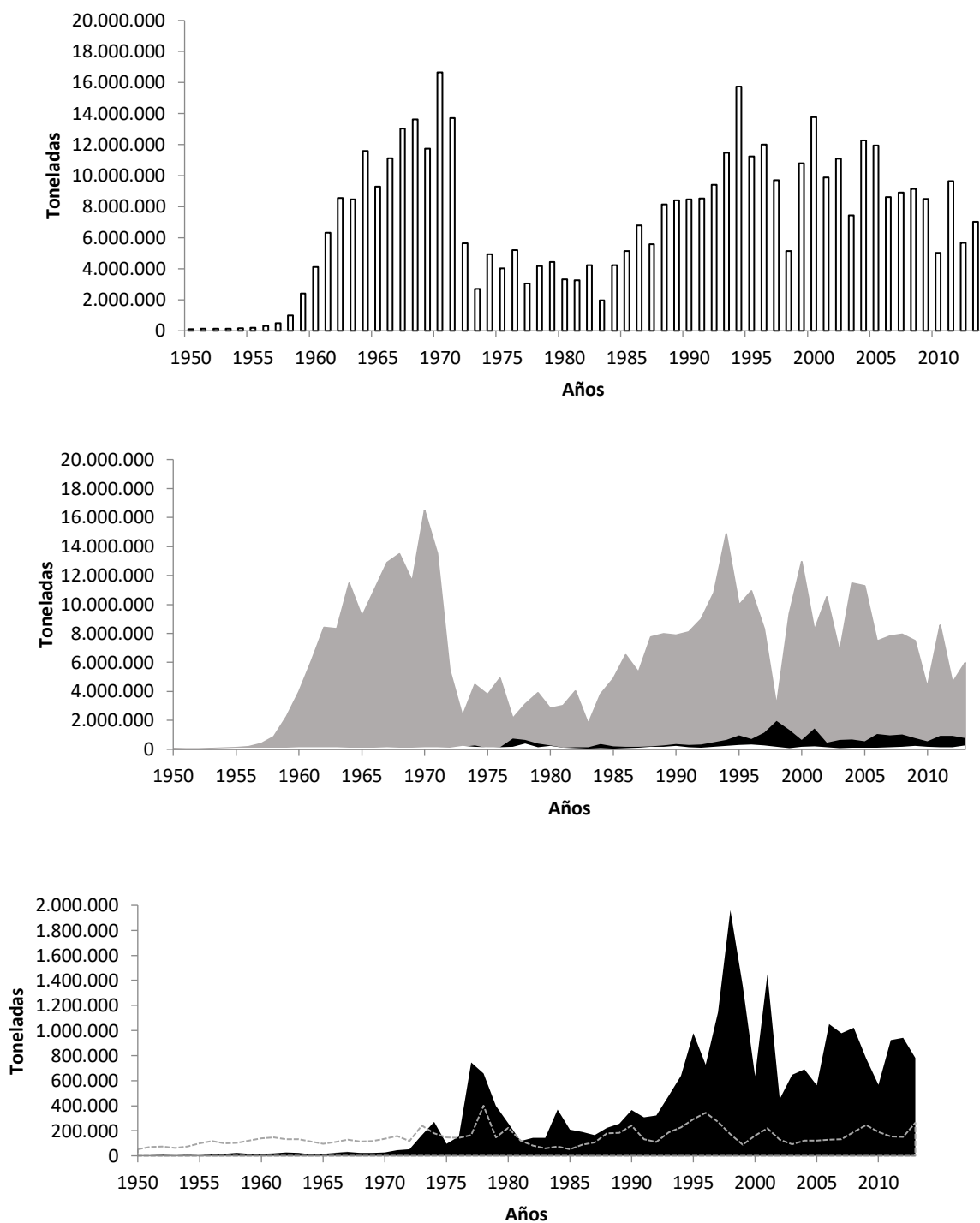


Figura 4 (Superior) Tendencia temporal de capturas reconstruidas (SAU) en el periodo 1950-2014. (Medio) Capturas reconstruidas (SAU) clasificadas según categorías tróficas propuestas por Pauly *et al.*, (2002) Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (Nt: 2,0 - 3,0) (gris), carnívoros de nivel medio (Nt: 3,01-3,50) (negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt > 3,51) (blanco). (Inferior) Detalle de la tendencia de los carnívoros de nivel medio (negro) y grandes predadores (blanco)

Analizando los valores de capturas reconstruidas de SAU (**Figura 4**), la tendencia temporal se incrementa considerablemente de 94.149 toneladas en 1950 a 16.646.811 toneladas en 1970. Luego, las capturas disminuyen abruptamente hasta las 2.703.372 toneladas en 1973. En los años siguientes, las capturas se recuperaron hasta llegar a 15,7 millones de toneladas en 1994, para finalmente descender de forma escalonada con pequeños picos en el 2000 (13,7 millones de toneladas), 2004 (12,3 millones de toneladas), 2005 (11,9 millones de toneladas) y 2011 (9,6 millones de toneladas).

La **Figura 5** describe la tendencia de todo el sector pesquero de la base de datos de desembarques de FAO. Se observa que las especies herbívoras, detritívoras y omnívoras (de color blanco) cuentan con una tendencia lineal ascendente moderada ($r = 0,5985$; FAO) aunque con una correlación débil en relación a los años evaluados ($R^2 = 0,3583$; FAO). Por otro lado, los carnívoros de nivel medio ($NT = 2,00 - 3,00$; de color negro) cuentan con una tendencia lineal ascendente fuerte ($r = 0,9268$; FAO) y una elevada correlación ($R^2 = 0,8589$; FAO). Finalmente, se observa que los depredadores topes ($Nt > 3,51$; de color gris) cuentan con una tendencia lineal ascendente débil ($r = 0,4531$; FAO) y desembarques pobremente correlacionados con los años ($R^2 = 0,2053$; FAO).

La **Figura 6** describe la tendencia del subsector industrial de la base de datos de capturas reconstruidas SAU. Los recursos de nivel trófico 2 y 3 (línea blanca) muestran una tendencia ascendente fuerte y una correlación moderada ($R^2 = 0,3352$) muy similar a lo evaluado en los desembarques reportados de FAO (**Figura 5**). Por otro lado, los carnívoros de nivel medio ($Nt = 2,00 - 3,00$; línea negra) cuentan con una correlación fuerte ($R^2 = 0,8608$; SAU) y una tendencia lineal ascendente fuerte ($r = 0,9278$; SAU). Finalmente, se observa que los depredadores topes ($Nt > 3,51$; línea gris) cuentan con una tendencia lineal ascendente débil ($r = 0,3766$; SAU) y capturas

pobremente correlacionados con los años ($R^2 = 0,1418$; FAO).

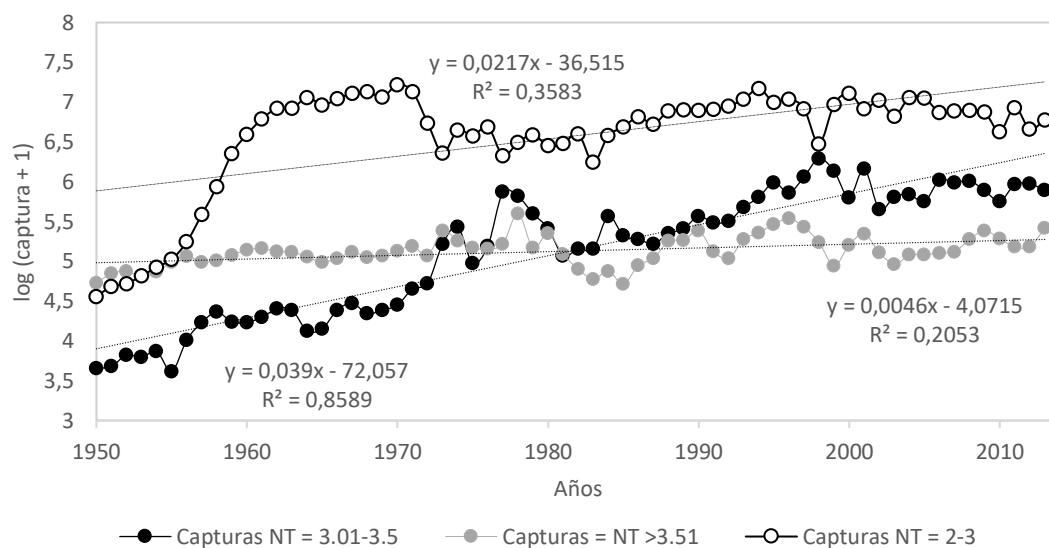


Figura 5 Evolución temporal histórica de desembarques reportados por FAO. Para su análisis, la base de datos de FAO fue clasificada según categoría trófica: Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (presas) (Nt: 2,0 - 3,0) (blanco), carnívoros o depredadores de nivel medio (Nt 3,01 – 3,50) (negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt>3,51) (gris).

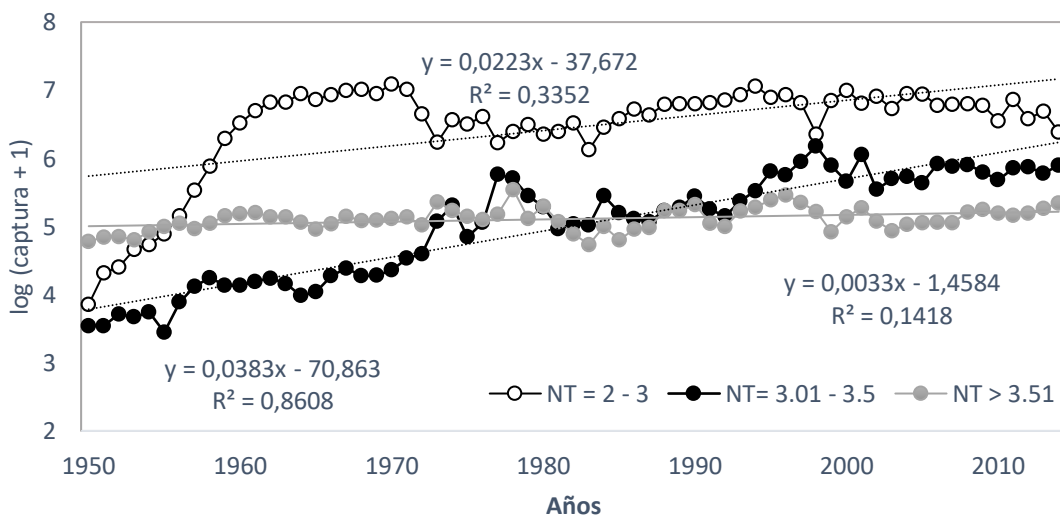


Figura 6 Evolución temporal histórica de capturas reconstruidas de SAU. Para su análisis, dichas bases de datos fueron clasificadas según categoría trófica: Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (presas) (Nt: 2,0 – 3,0) (blanco), carnívoros o depredadores de nivel medio (Nt : 3,01 – 3,50)(negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt>3,51)(gris).

Al evaluar la tendencia en el subsector artesanal (**Figura 7**) se observa que en el caso de los carnívoros de nivel alto y depredadores tope (línea gris), los valores descienden débilmente y cuenta con un nivel de correlación bajo ($r = -0,138$, $R^2 = 0,0191$). Por otro lado, los carnívoros de nivel medio (línea negra) presentan una tendencia ascendente fuerte ($r = 0,965$; $R^2 = 0,9325$) a diferencia de las especies con niveles tróficos menores ($r = 0,597$; $R^2 = 0,356$; línea blanca).

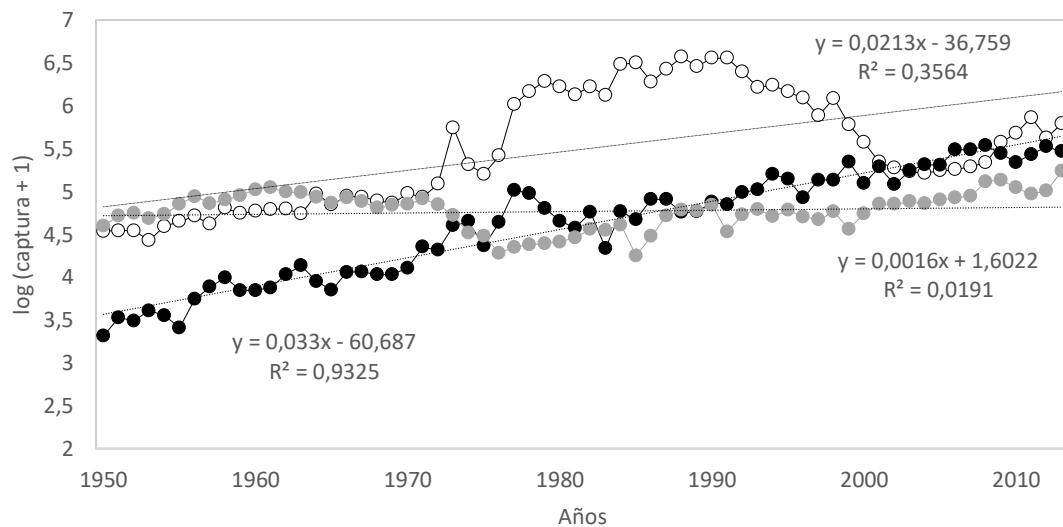


Figura 7 Evolución temporal histórica de capturas reconstruidas de SAU y (B) sector artesanal. Para su análisis, dichas bases de datos fueron clasificadas según categoría trófica: Herbívoros, detritívoros, y omnívoros (Nt: 2,0 – 3,0)(blanco), carnívoros de nivel medio (Nt: 3,01 – 3,50) (negro), y carnívoros de nivel alto y depredadores tope (Nt >3,51) (gris).

Evaluando la tendencia en el subsector subsistencia (**Figura 8**) se observa que en el caso de los carnívoros de nivel alto y depredadores tope (NT > 3,51; línea gris), los valores descienden y cuentan con un nivel de correlación bajo ($r = -0,478$; $R^2 = 0,2285$). Por otro lado, los carnívoros de nivel medio (NT = 3,01 - 3,50; línea negra) tienen una tendencia ascendente más marcada ($r = 0,835$; $R^2 = 0,6971$) que en el caso de las especies con niveles tróficos menores ($r = 0,7558$; $R^2 = 0,5713$; línea blanca).

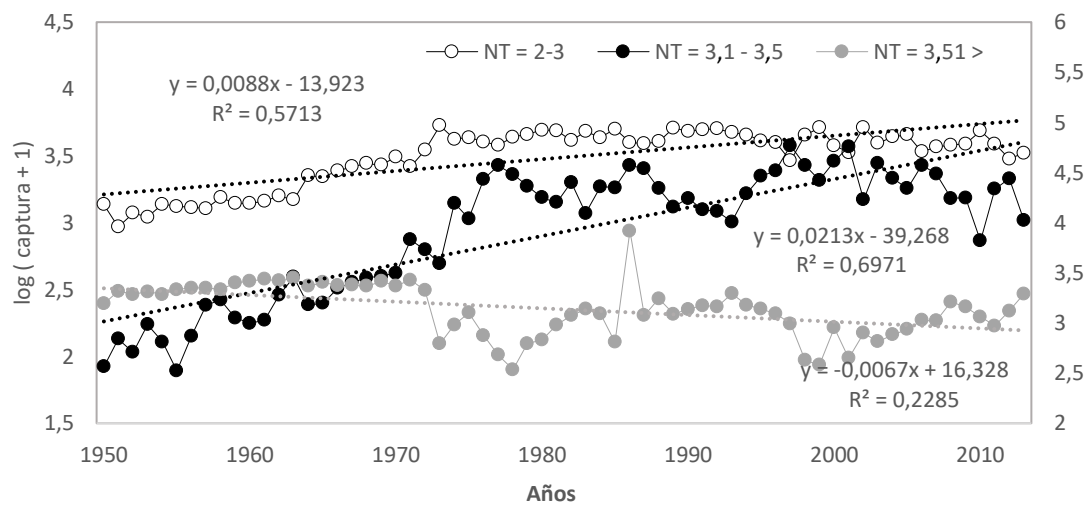


Figura 8 Evolución temporal histórica de capturas reconstruidas SAU del sector pesquero de subsistencia. Para su análisis, dichas bases de datos fueron clasificadas según categoría trófica: Herbívoros, detritívoros y omnívoros (Nt: 2,0 – 3,0) (blanco), carnívoros de nivel medio (Nt : 3,01 – 3,50)(negro), y carnívoros de nivel alto y predadores tope (Nt: 3,51) (gris).

7.2. Transferencia de Energía (TE)

La Transferencia de Energía estimada usando los datos de desembarque reportados por FAO fue de 0,31, mientras que usando los datos de captura (SAU) fue de 0,12 (**Figura 9**). En ambos casos se registraron altos valores en los coeficientes de correlación de Pearson ($R^2 = 0,8376$, FAO ; $R^2 = 0,8018$, SAU) que indican una alta asociación entre los valores de Niveles trófico medio y el logaritmo de los desembarques por año. Por otra parte, la trayectoria de los datos describe una tendencia en declive pronunciada, tanto en los datos de FAO como de SAU (**Figura 9**, **Figura 10**).

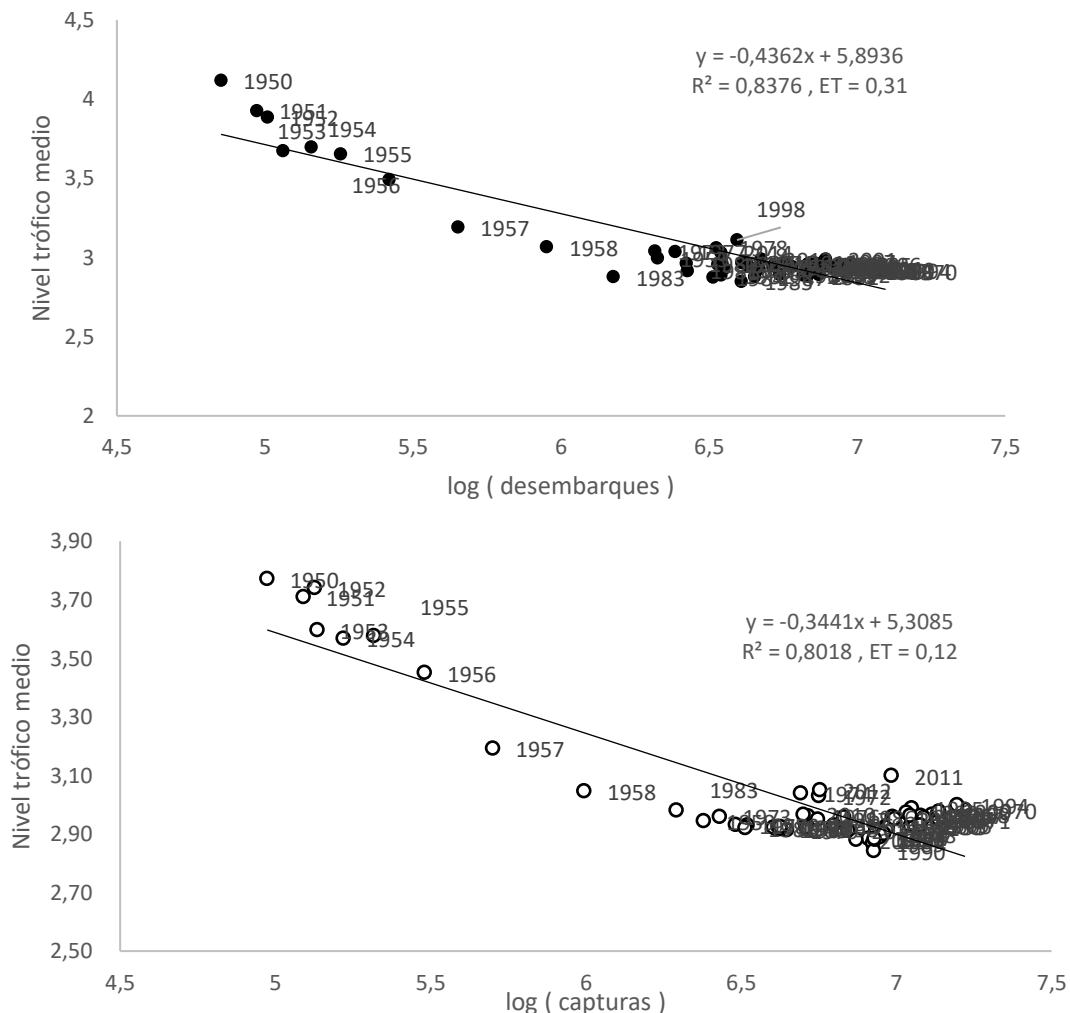


Figura 9 Relación entre el logaritmo de los desembarques y el Ntm en el periodo de 1950 – 2014. (Arriba) Relación entre desembarques reportados (FAO) y nivel trófico medio. La TE fue

estimada mediante una regresión lineal con un valor de 0,31. (Abajo) Relación entre las capturas reconstruidas y el nivel trófico medio. La ET fue estimada mediante una regresión lineal con un valor de 0,12.

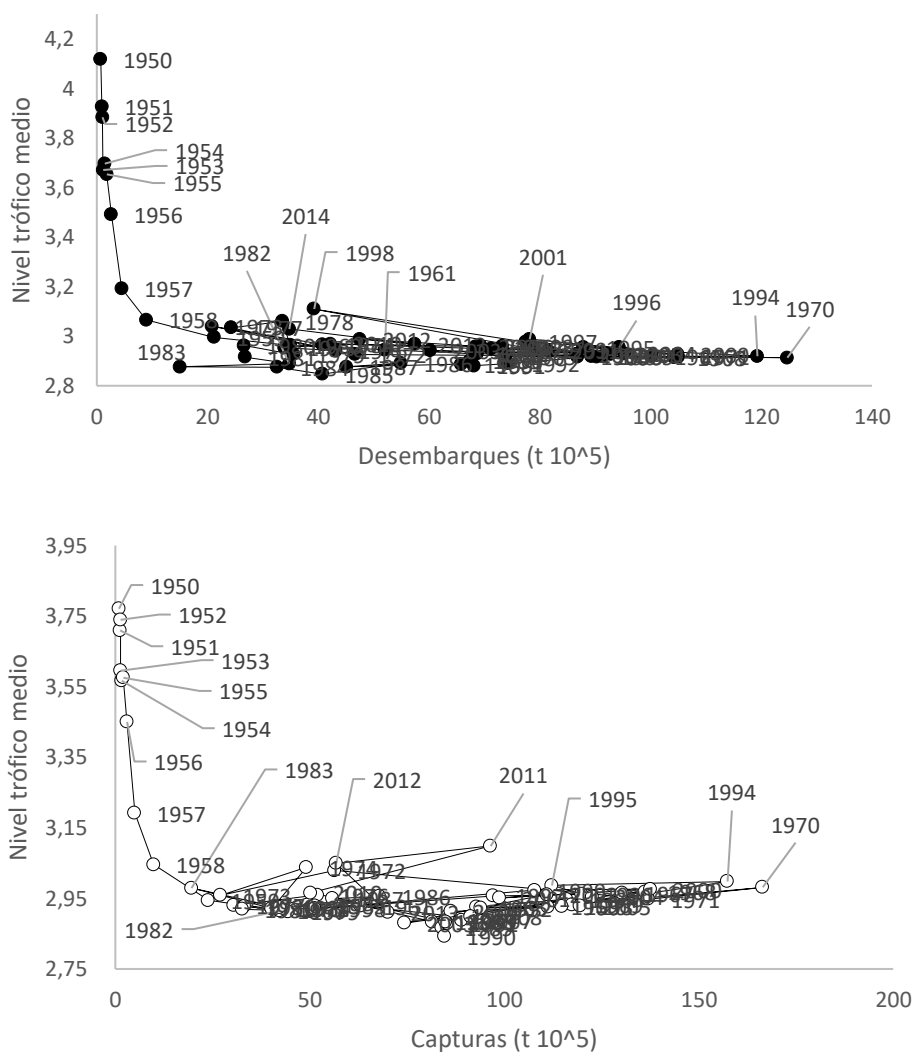


Figura 10 (Arriba) Relación entre el logaritmo de los desembarques y el Ntm en el periodo de 1950 – 2014 de FAO. (Abajo) Relación entre el logaritmo de las capturas y el Ntm en el periodo de 1950-2014 de SAU.

7.3. Tendencia temporal de indicadores trofodinámicos

7.3.1. Nivel trófico medio (Ntm) y Nivel trófico medio de corte (CorteNtm)

El Ntm y el CorteNtm son considerados indicadores indirectos de los efectos de la pesca en la estructura trófica de las comunidades (Milessi *et al.*, 2005), que permiten analizar el estado del ecosistema a partir de los valores de capturas de las especies marinas. Tomando en cuenta lo sugerido por Pauly y Watson (2004) se calculó el índice CorteNtm con los registros de captura y desembarque especies de niveles tróficos mayores o iguales a 3,25 (Corte = 3,25), con la finalidad de evitar posibles errores en el cálculo de la tendencia debido a la sobrevaloración de recursos migratorios, influenciados por condiciones ambientales favorables o de recursos costeros favorecidos por la eutrofización. En este contexto, al evaluar la distribución de datos con un modelo de regresión lineal, se aprecia una tendencia temporal decreciente en el Ntm y en el Nivel trófico medio con corte (3,25Ntm) en todos los casos estudiados.

En el análisis de los registros de desembarques reportados de FAO, el índice 3,25Ntm presenta una tendencia en declive mucho más marcada (Coeficiente de Pearson (r) = -0,796) que la de Ntm (r = -0,529), esto debido al tipo de distribución, la tendencia y fluctuación de sus valores luego del descarte de recursos de nivel trófico menor al 3,25 en el Ntm de corte (3,25Ntm). Además, el cálculo del coeficiente de determinación (R^2 , medida representativa de la bondad del ajuste) de las tendencias 3,25Ntm y Ntm con los valores de FAO, indicaría que existe una relación *moderada* al usar el modelo de regresión lineal simple ($y = -0,0123x + 4,336$) para explicar la relación entre la variable explicativa *años* y la variable respuesta *desembarques* en el 3,25Ntm ($R^2 = 0,6341$); mientras que la bondad de ajuste sería *baja* con las variables del índice Ntm ($R^2 = 0,2795$). Debido a esto, solo se aplicó el modelo de regresión lineal para comprobar si

los datos de desembarque de FAO cumplen con las dos condiciones que describen la ocurrencia del proceso ecosistémico *fishing down* (Ntm con tendencia en declive y PB con valores negativos). Por otro lado, es interesante percatarse que las distribuciones de los datos de desembarque FAO y capturas reconstruidas SAU (índice 3,25Ntm) se asemejan a un modelo matemático que define una *oscilación armónica simétrica* (ver **Figura 11**, línea azul; **Figura 12**, línea verde) según la siguiente descripción:

$$3,25Ntm_{FAO} = 3,9 - 0,3 * (-sen(2 * 3,1415 * ((1950 - 2014) + 1,17)/75))$$

$$3,25Ntm_{SAU} = 3,9 - 0,3 * (-sen(2 * 3,1415 * ((1950 - 2014) + 1,2)/75))$$

La cual procede de:

$$Y = a1 - a2 * (-sen(2 * \pi * ((Ti - 2014) + a3)/a4))$$

Donde:

$a1$ = Valor central promedio;
 $a2$ = Factor de amplitud en el ciclo;
 $a3$ = Constante de desfase o acrofase;
 $a4$ = Duración el ciclo
 Ti = Año en tiempo i

Lo que podría indicar que en los próximos años habría un ascenso en cuanto a los valores del índice de Ntm de corte, aunque para fines de la presente investigación esta mención no sea relevante. Cabe mencionar que la ecuación descrita procede de la tesis doctoral de Espino (2014).

Finalmente, el coeficiente de *Pearson* (r) describe tendencias en declive en todos los demás gráficos asociados a la evaluación de las capturas reportadas por SAU (Análisis de datos por tipo de pesca: industrial, artesanal y de subsistencia).

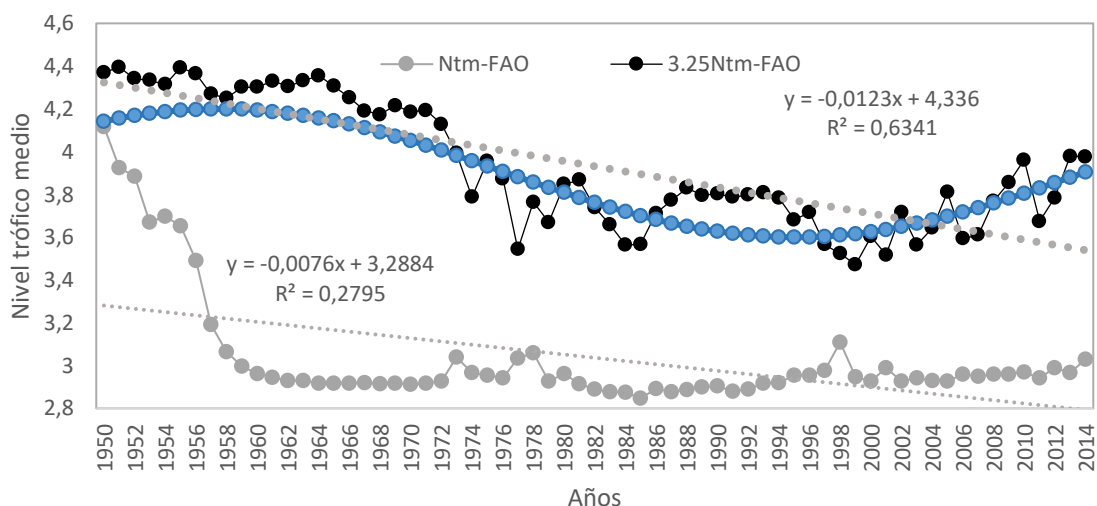


Figura 11 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte en el nivel 3,25 (3,25Ntm) de registros de desembarques reportados por FAO. La línea azul describe un modelo de oscilación armónica con un porcentaje de error de 1,168% con respecto a la tendencia de los valores reales (línea negra).

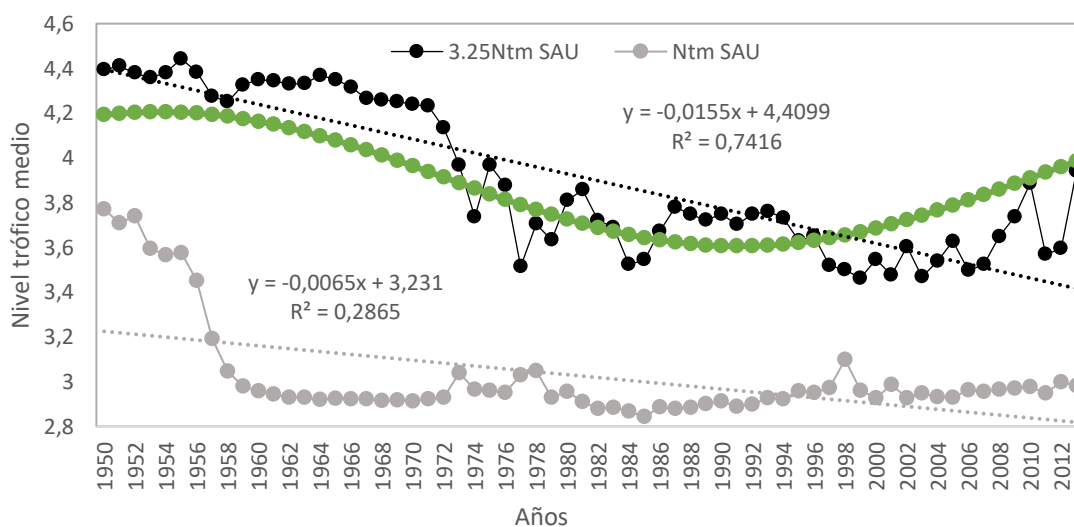


Figura 12 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte (3,25Ntm) de capturas reconstruidas de SAU. La línea verde un modelo de oscilación armónica con un porcentaje de error de 1,2% con respecto a la tendencia de los valores reales (línea negra).

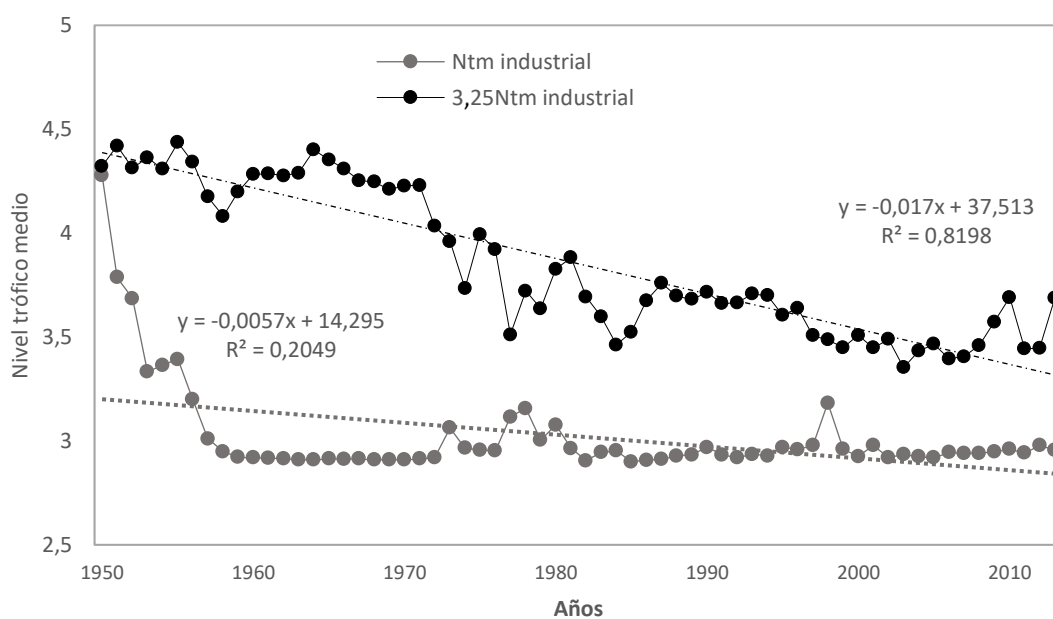


Figura 13 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte (3,25Ntm) de la pesca industrial de las capturas reconstruidas de SAU.

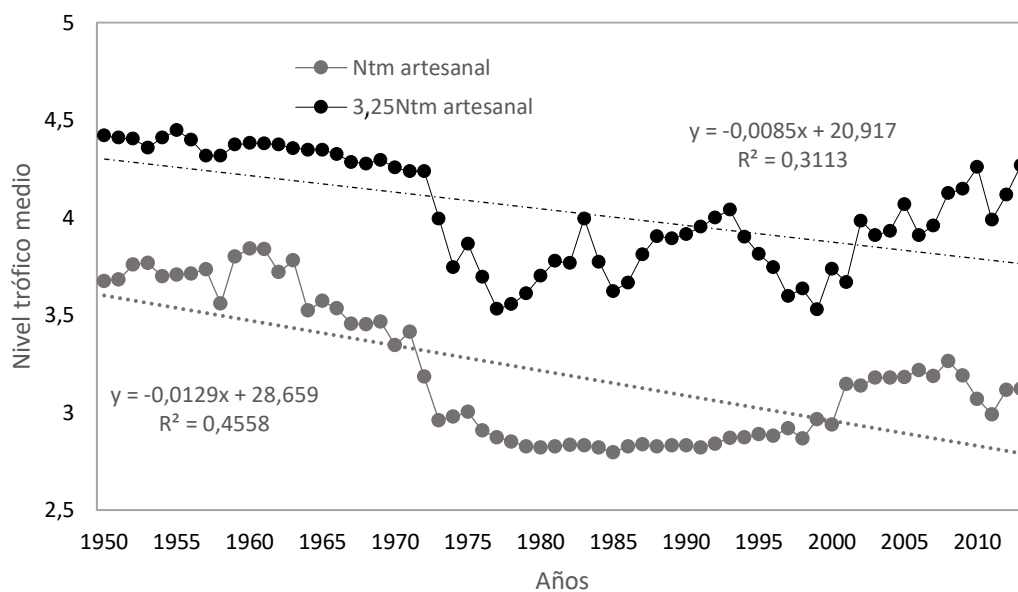


Figura 14 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte (3,25Ntm) de la pesca artesanal de las capturas reconstruidas de SAU.

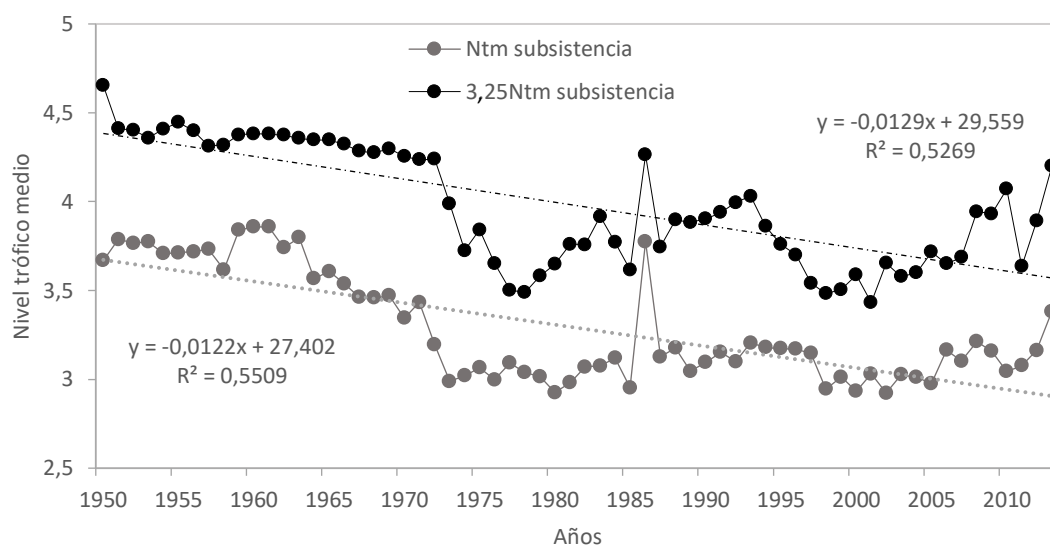
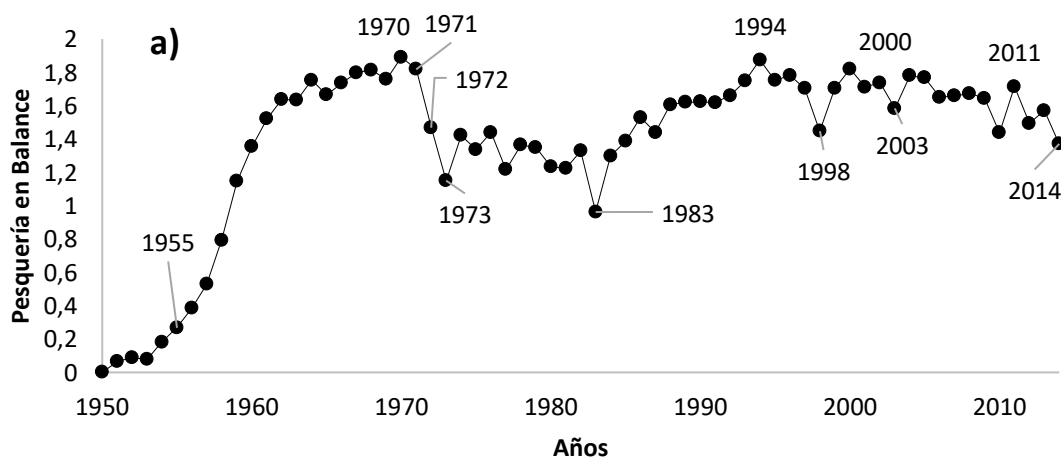


Figura 15 Tendencia temporal del Nivel trófico medio (Ntm) y el Nivel trófico medio de corte (3,25Ntm) de la pesca de subsistencia de las capturas reconstruidas de SAU.

7.3.2. Pesquería en Balance (PB)

La tendencia del indicador PB aumenta escalonadamente a partir de 1950, tanto en la base de datos de capturas reconstruidas de *Sea Around Us* (SAU) como en los desembarques reportados de FAO (**Figura 16**). En 1970 el índice llega a su máximo valor en ambas bases de datos, lo cual indicaría una posible expansión geográfica e incremento en la tasa de explotación (1950 - 1970). Posteriormente, ocurre una contracción a partir de 1971 afectado posiblemente por el evento El Niño de 1972-1973 (intensidad fuerte), para luego llegar en ambos casos a un valor mínimo en 1983 (evento de El Niño de intensidad muy fuerte). No se observa una tendencia en declive muy marcada en todo el perfil temporal del índice PB, ($PB < 0$, que estaría relacionado al proceso ecosistémico *fishing down*) con excepción de pronunciados declives relacionados con los eventos El Niño 1982-1983 (muy fuerte), 1972-1973 (fuerte), 1997-1998 (muy fuerte), 2009-2010 (fuerte) en ese orden de importancia. Finalmente, cabe mencionar que el evento El Niño 1957-1958 de intensidad fuerte (Espino, 2014) no ocasionó ningún declive en la serie temporal de FAO **Figura 16(a)**, a diferencia de la tendencia PB con los datos de SAU, aunque leve (**b**).



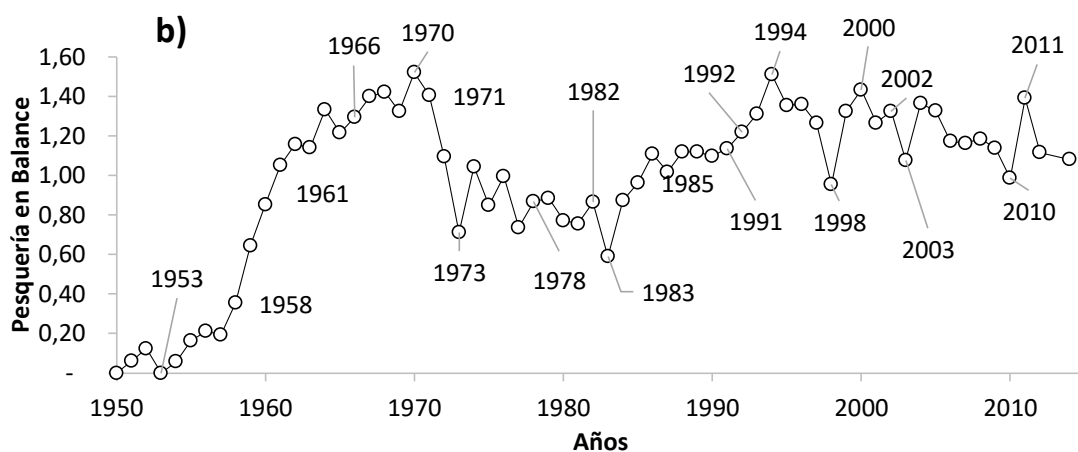


Figura 16(a) Variación temporal del índice pesquería en balance (PB) de los desembarques reportados de FAO y (b) índice de pesquería en balance de capturas reconstruidas de SAU

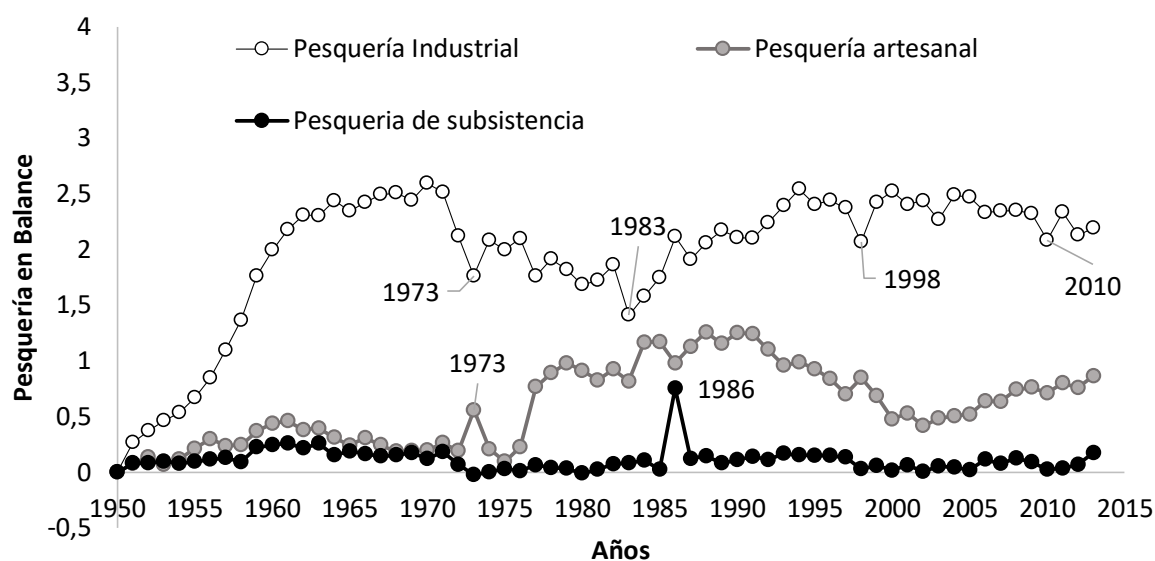


Figura 17 Variación temporal del índice pesquería en balance (PB) de las capturas reconstruidas de SAU subsector industrial, artesanal y subsistencia

Finalmente, los gráficos de línea del índice de pesquería en balance (PB) de los subsectores pesqueros (pesquería industrial, pesquería artesanal y de subsistencia) (**Figura 17**) solo reportaron dos valores negativos en el subsector pesquero de

subsistencia. Luego de 1960, son evidentes las variaciones del índice en el subsector pesquero industrial en relación a los eventos El Niño: el índice PB se contrae ligeramente en 1983, 1973, 1998 y 2010 sin embargo no llegan a reportar en ningún momento valores negativos.

La tendencia de PB en el subsector pesquero artesanal no reporta valores negativos en todo el periodo estudiado; sin embargo, el subsector de pesquería de subsistencia reporta valores negativos en 1973 y 1980. Cabe mencionar que los valores negativos se encuentran directamente relacionados con un desbalance en la trama trófica, debido posiblemente a las secuelas del evento El Niño 1972 de intensidad fuerte y a las condiciones socioeconómicas durante ese periodo.

7.4. Estructura comunitaria de las capturas

7.4.1. *Cluster* y Análisis de agrupamiento (nMDS)

La figura resultante de la rutina nMDS con los datos modificados con $\log(x+1)$ e índice de similaridad de Bray-curtis mostró un estrés relativamente bajo, tanto en el gráfico 2D (0,07) como en el 3D (0,04), cuyos valores son suficientes para proveer una exitosa representación de la data (**Figura 22**). En el análisis *Cluster* con la data de *Sea Around Us*, once grupos de años fueron delimitados con un alto nivel de similaridad (90 %) (**Figura 18**) siendo nominados con números romanos.

Por otro lado, la rutina nMDS aplicada a datos estandarizados e índice de distancia euclidiana mostró un estrés mucho más reducido en el gráfico 2D (0,03) así como en el gráfico 3D (0,01) (**Figura 22**). Esta rutina dio como resultado 4 grupos temporales, nominados según el orden del alfabeto latino (**Figura 25**). Ya que la distribución espacial de ambas matrices es explicada exitosamente por los grupos temporales formados (**Tabla 5, Tabla 6**), se procedió a continuar el análisis multivariado en ambos casos.

Tabla 5 Grupos y sus respectivos bloques temporales formados con nivel de similaridad del 90% según resultados de la rutina CLUSTER con el índice de similaridad de Bray-Curtis

Time blocks	Groups
1950-1952	i
1953-1958	ii
1959-1961	iii
1962-1968	iv
1969-1972	v
1973-1983	vi
1984-1989	vii
1990-2001	viii
2002-2008	ix
2009-2013	x
2014	xi

Tabla 6 Grupos y sus respectivos bloques temporales formados con una distancia de 38 según resultados de la rutina CLUSTER con el índice de distancia euclidiana

Time blocks	Groups
1950-1956	a
1957-1976, 1993-2014	b
1977-1982, 1986-1992	d
1983-1985	c

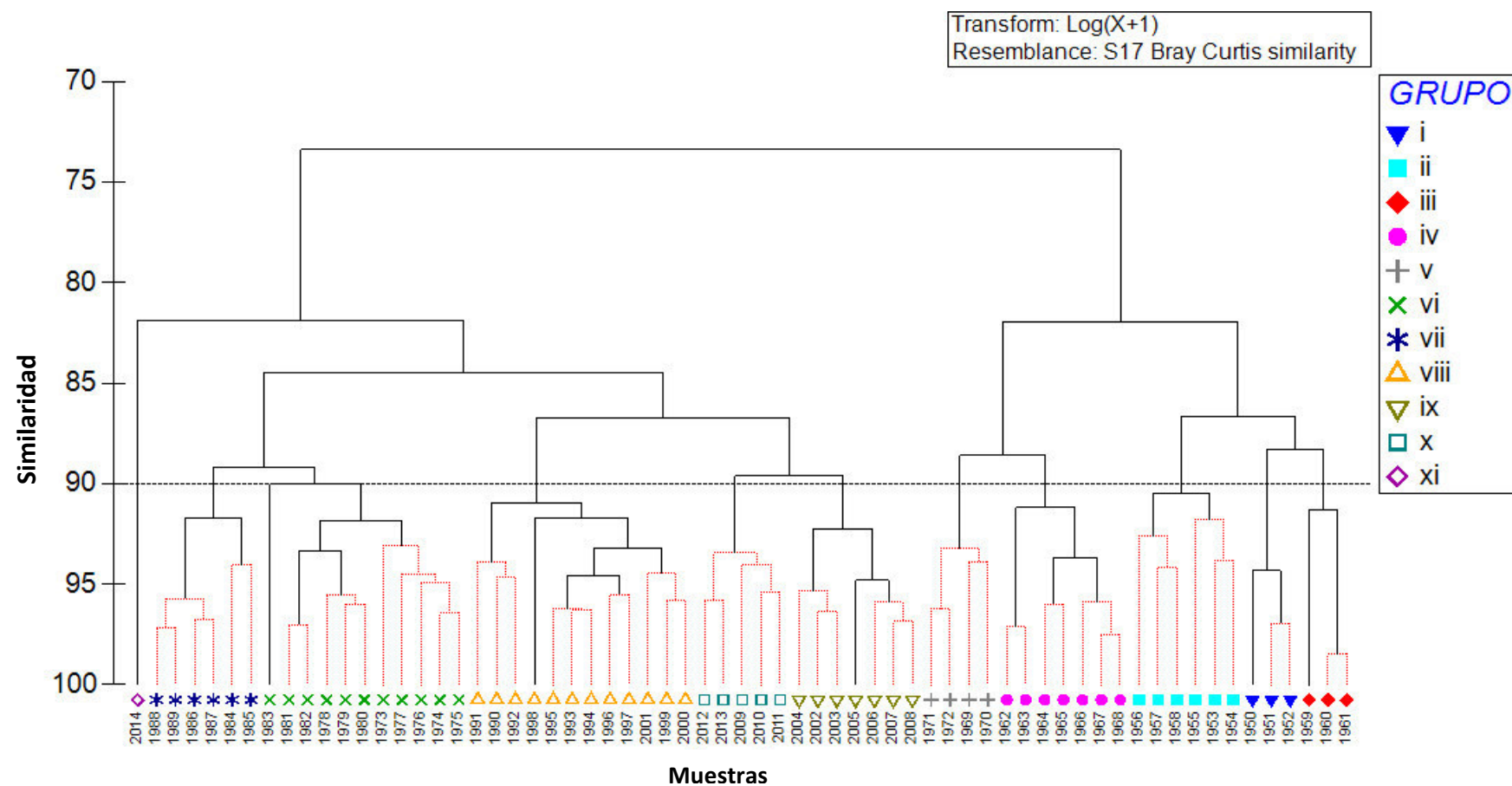


Figura 18 Dendrograma del análisis Cluster de los valores de desembarque reconstruidos de SAU transformados con log (X+1) y el índice de Bray-Curtis

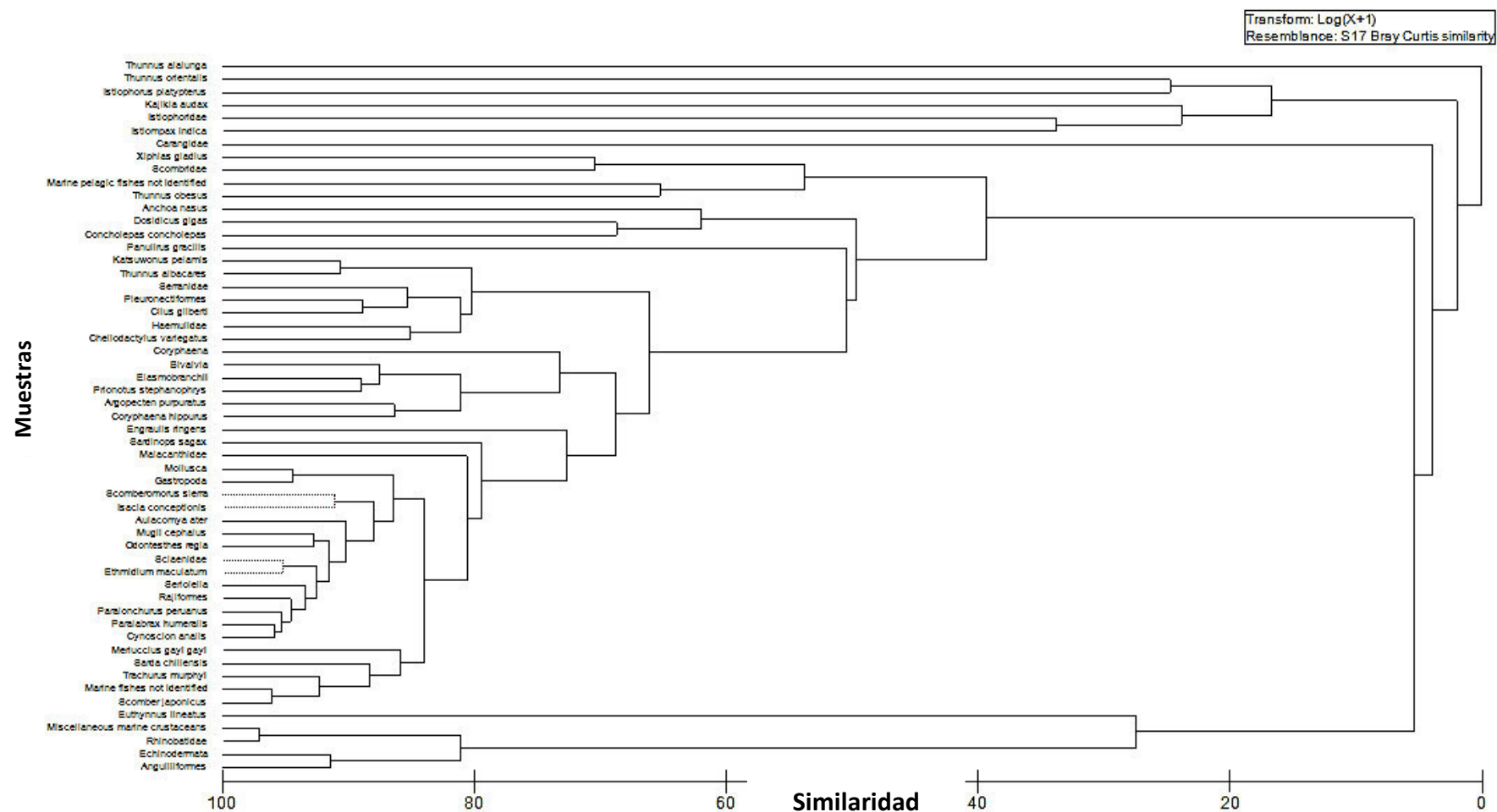


Figura 19 Dendrograma del análisis Cluster de los valores de captura reconstruida tomando como variables los recursos marinos.

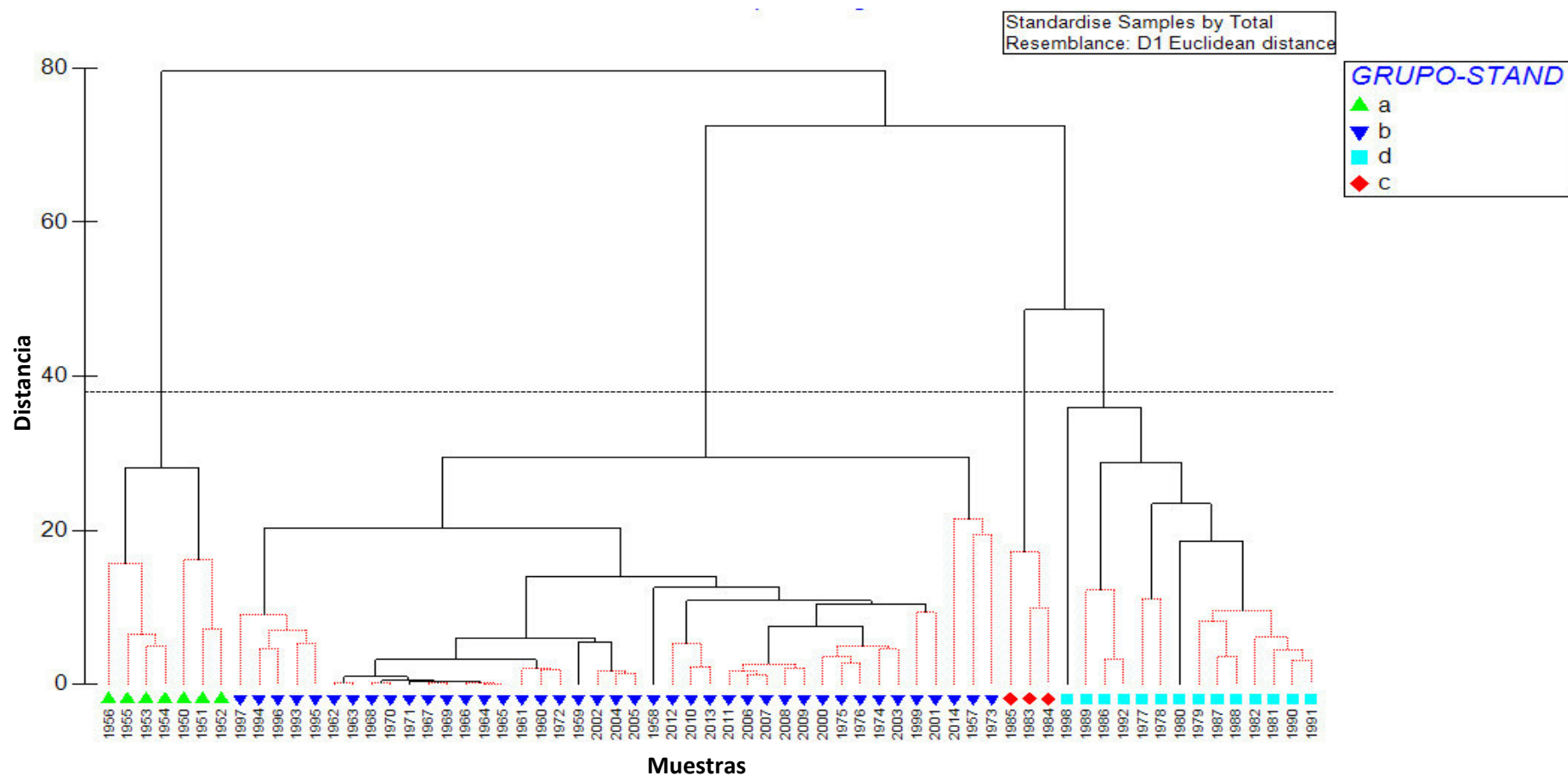


Figura 20 Dendrograma del análisis Cluster de los valores de captura reconstruida de SAU estandarizada y analizada con el índice de distancia Euclidiana

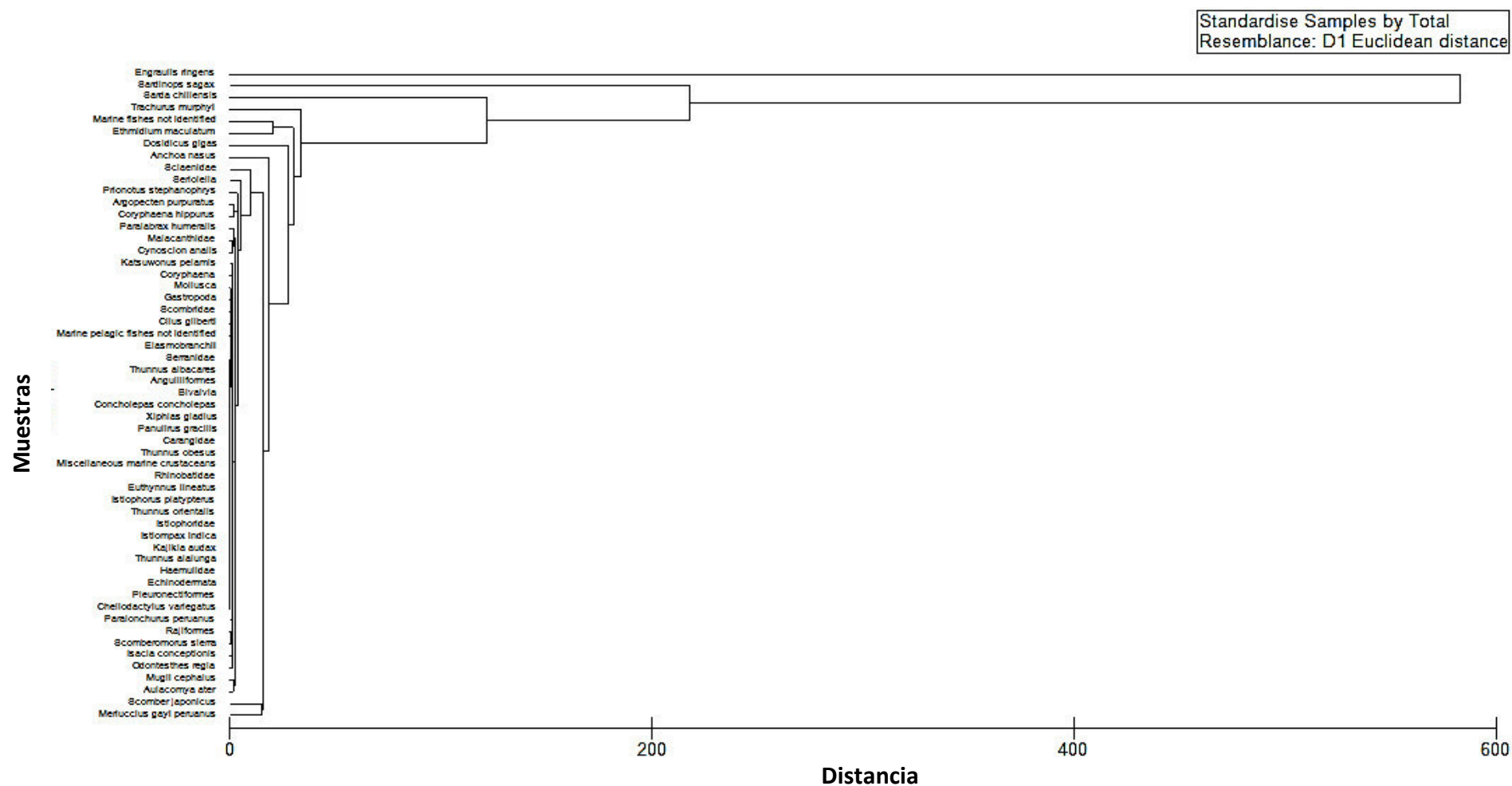
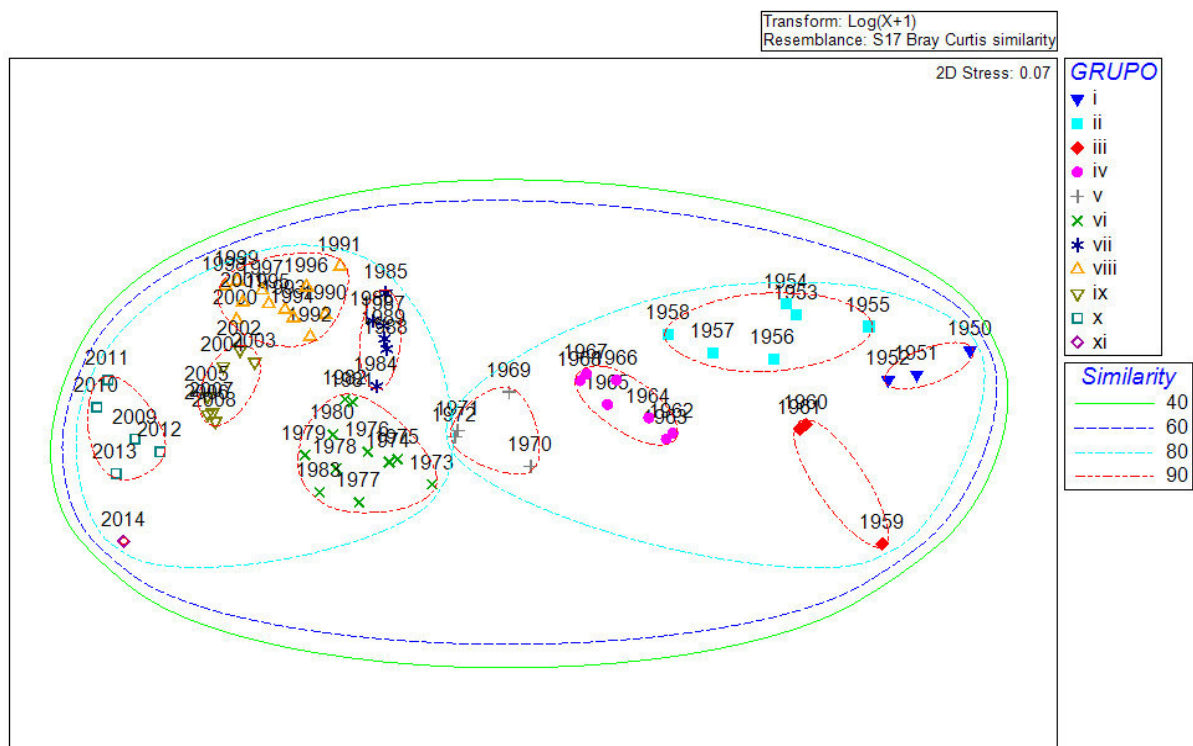


Figura 21 Dendrograma del análisis Cluster de los valores de captura reconstruida tomando como variables los recursos marinos.



Sea Around Us

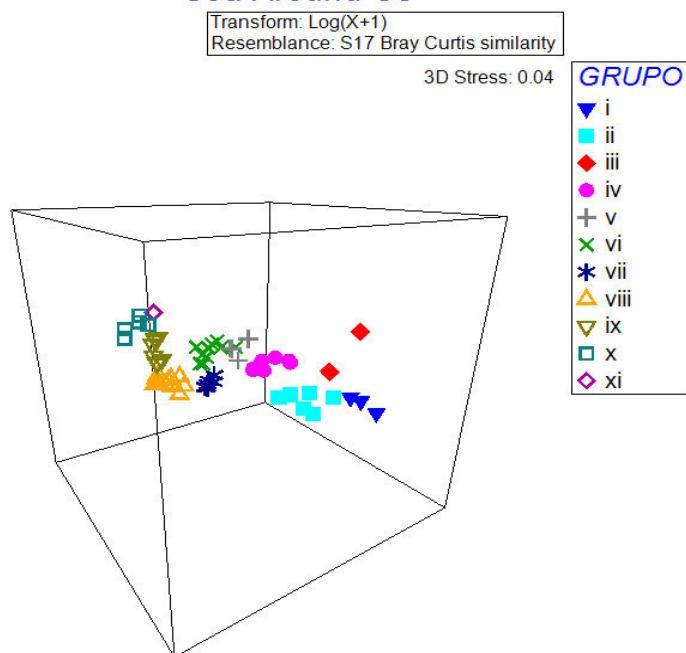


Figura 22 Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us*. Diagrama de escalamiento multidimensional nMDS en 2D (superior izquierda) y 3D (inferior izquierda) elaborados con el coeficiente de similitud de Bray Curtis (1957) con estrés mínimo de 0,07 y 0,04 respectivamente. Los grupos formados con el 90 % de similitud fueron: Grupo i (1950-1952), Grupo ii (1953-1958), Grupo iii (1959-1961), Grupo iv (1962-1968), Grupo v (1969-1972), Grupo vi (1973-1983), Grupo vii (1984-1989), Grupo viii (1990-2001), Grupo ix (2002-2008), Grupo x (2009-2013), Grupo xi (2014).

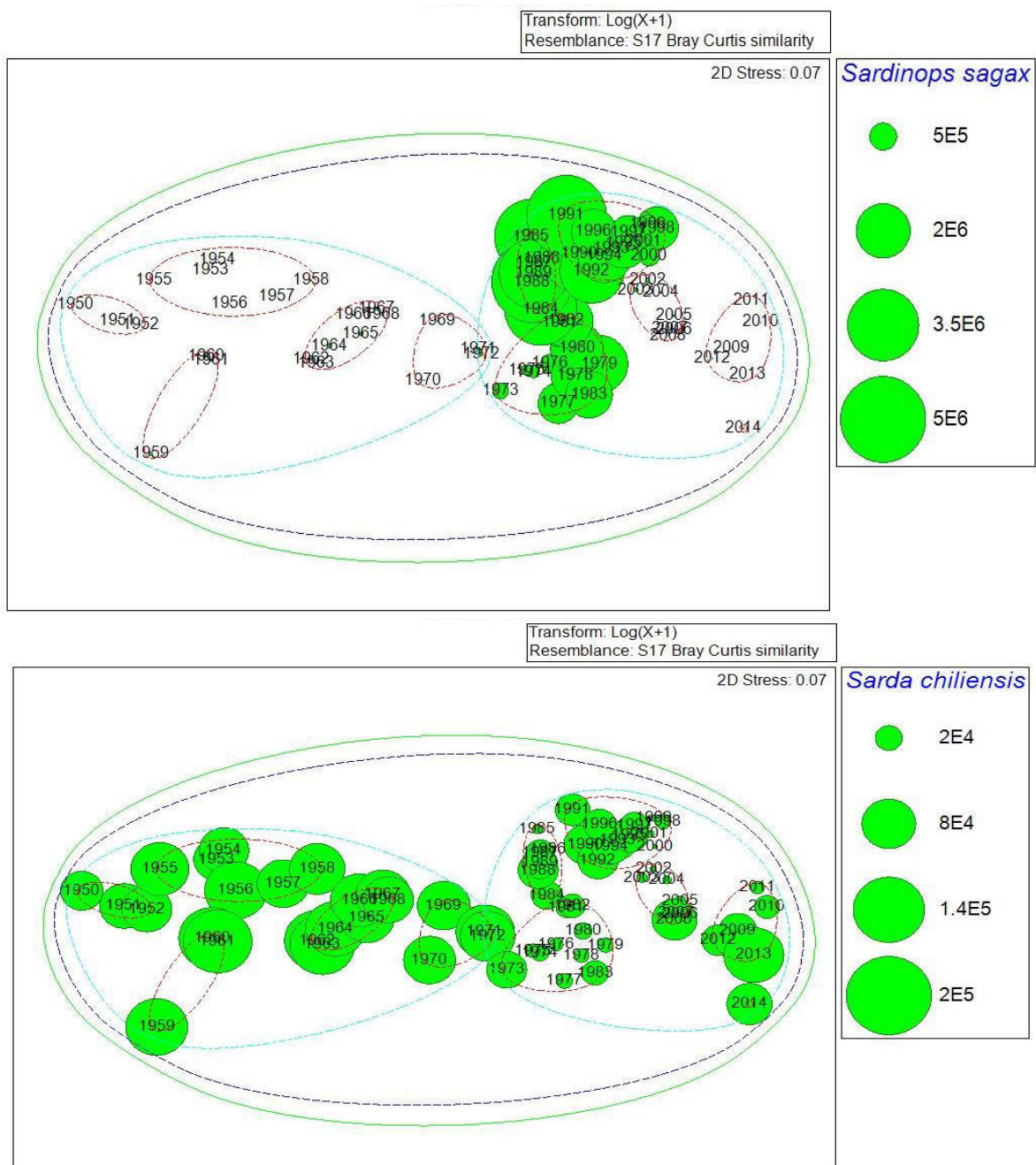


Figura 23 Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us*. Diagramas de escalamiento multidimensional nMDS en 2D con grupos temporales formados con el 90 % de similitud del índice de Bray-Curtis. Se aprecia claramente la influencia de los recursos *Sardinops sagax* y *Sarda chiliensis* en la distribución espacial del periodo evaluado.

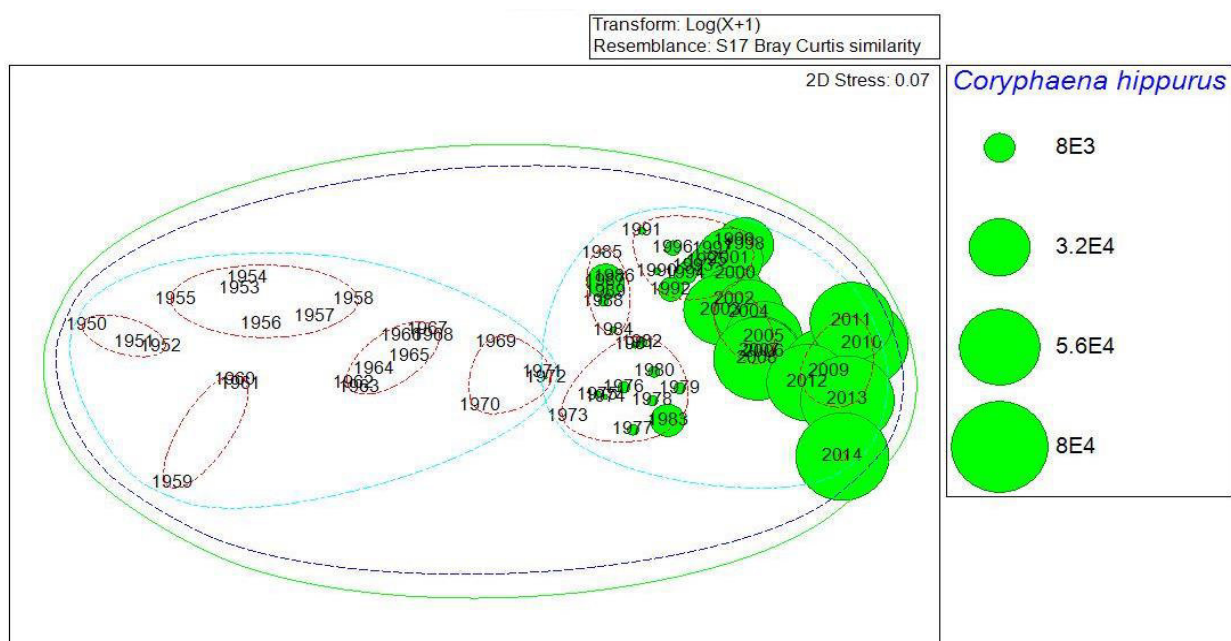
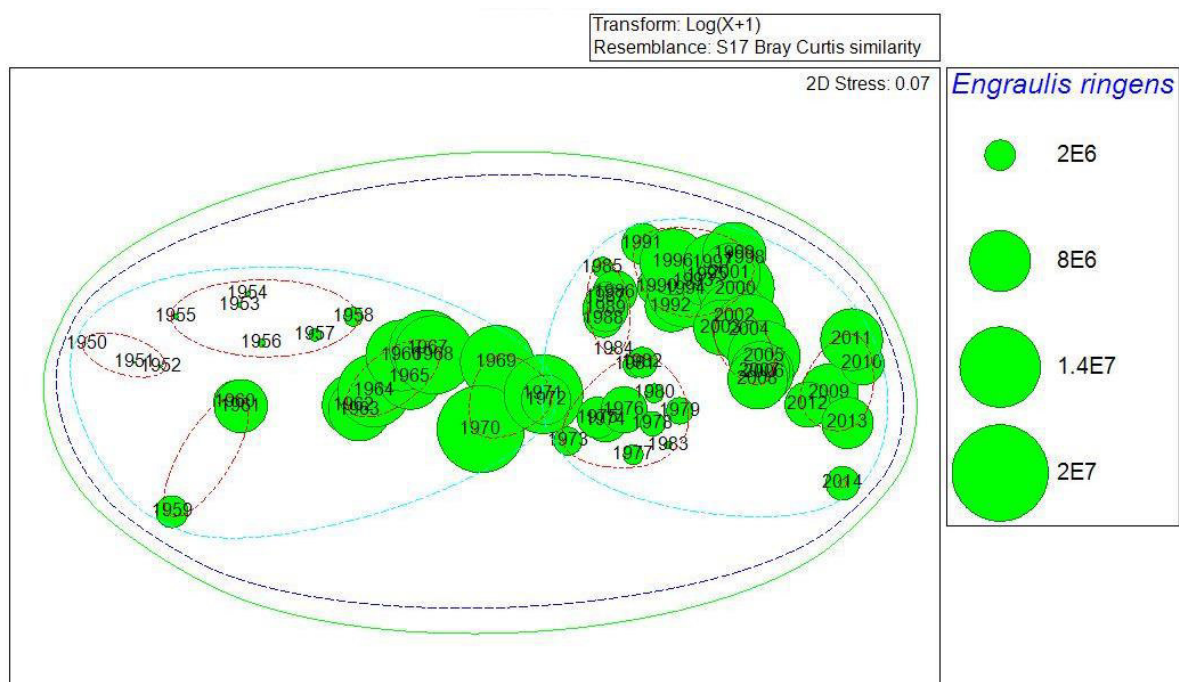


Figura 24 (continuación) Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us*. Diagramas de escalamiento multidimensional nMDS en 2D con grupos temporales formados con el 90 % de similitud del índice de Bray-Curtis. Se aprecia claramente la influencia de *Coryphaena hippurus* y *Engraulis ringens* en la distribución espacial del periodo evaluado.

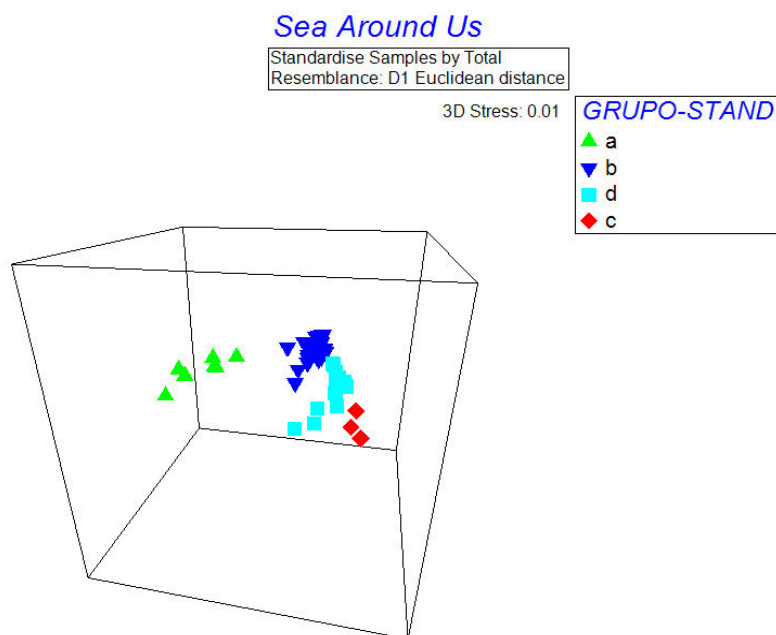
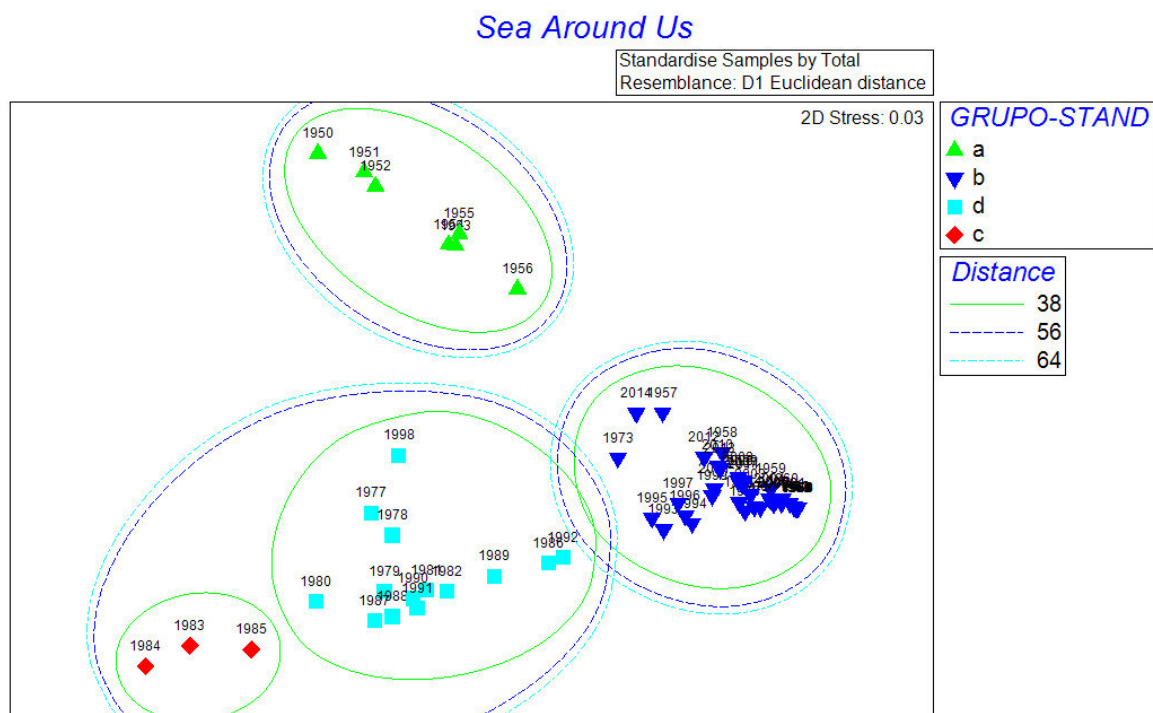


Figura 25 Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us*. Diagrama de escalamiento multidimensional nMDS en 2D (superior) y 3D (inferior) elaborados con el coeficiente de distancia Euclidiana con estrés mínimo de 0,03 y 0,01 respectivamente. Los grupos formados fueron: Grupo a (1950-1956), Grupo b (1957-1976, 1993-2014), Grupo c (1983-1985), Grupo d (1977-1982, 1986-1992)

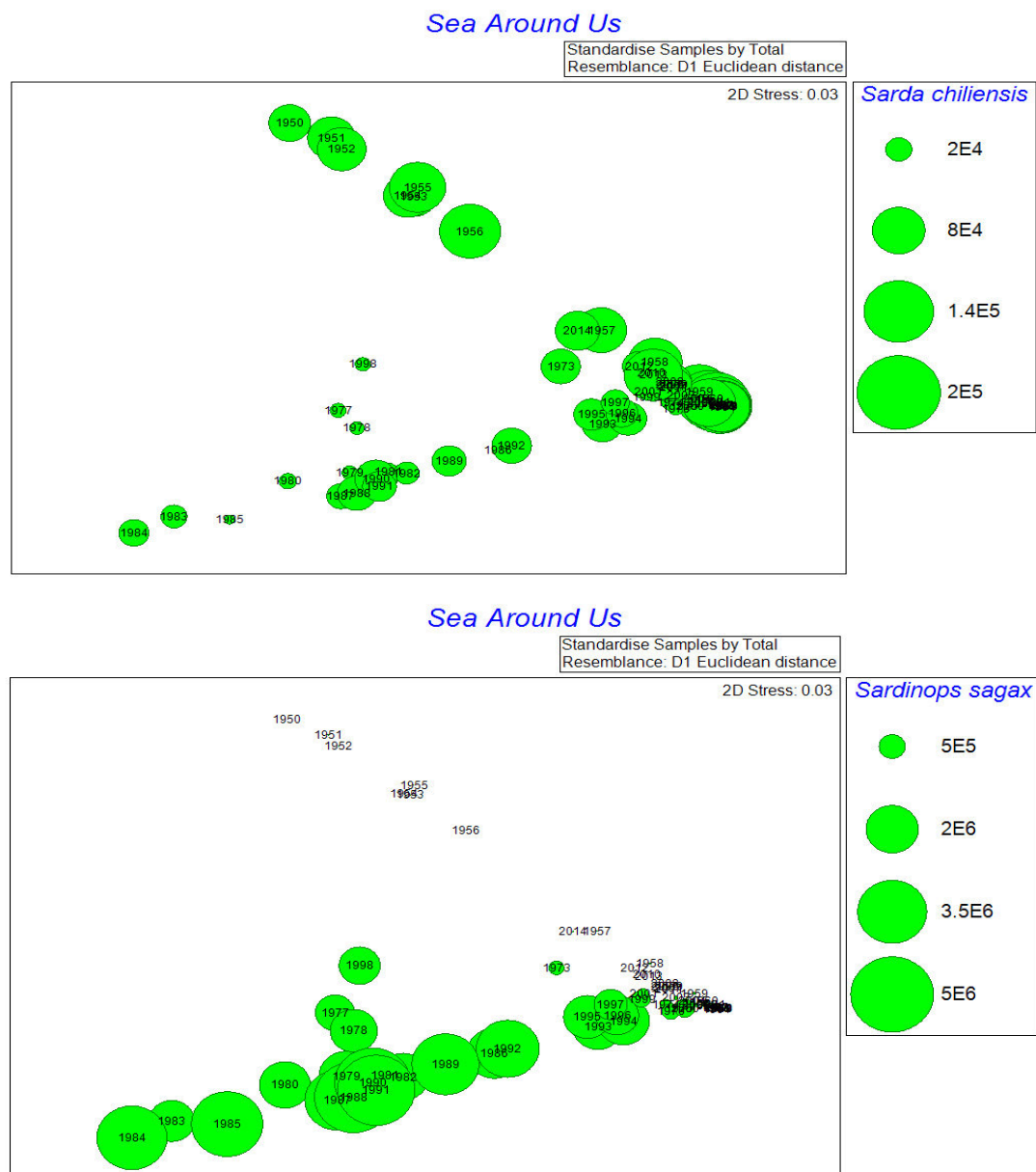


Figura 26 Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us*. Diagramas de escalamiento multidimensional nMDS en 2D con grupos temporales formados con el índice de distancia euclidiano. Se aprecia claramente la influencia de los principales recursos (*Coryphaena hippurus* y *Sardinops sagax*) en distribución espacial del periodo evaluado.

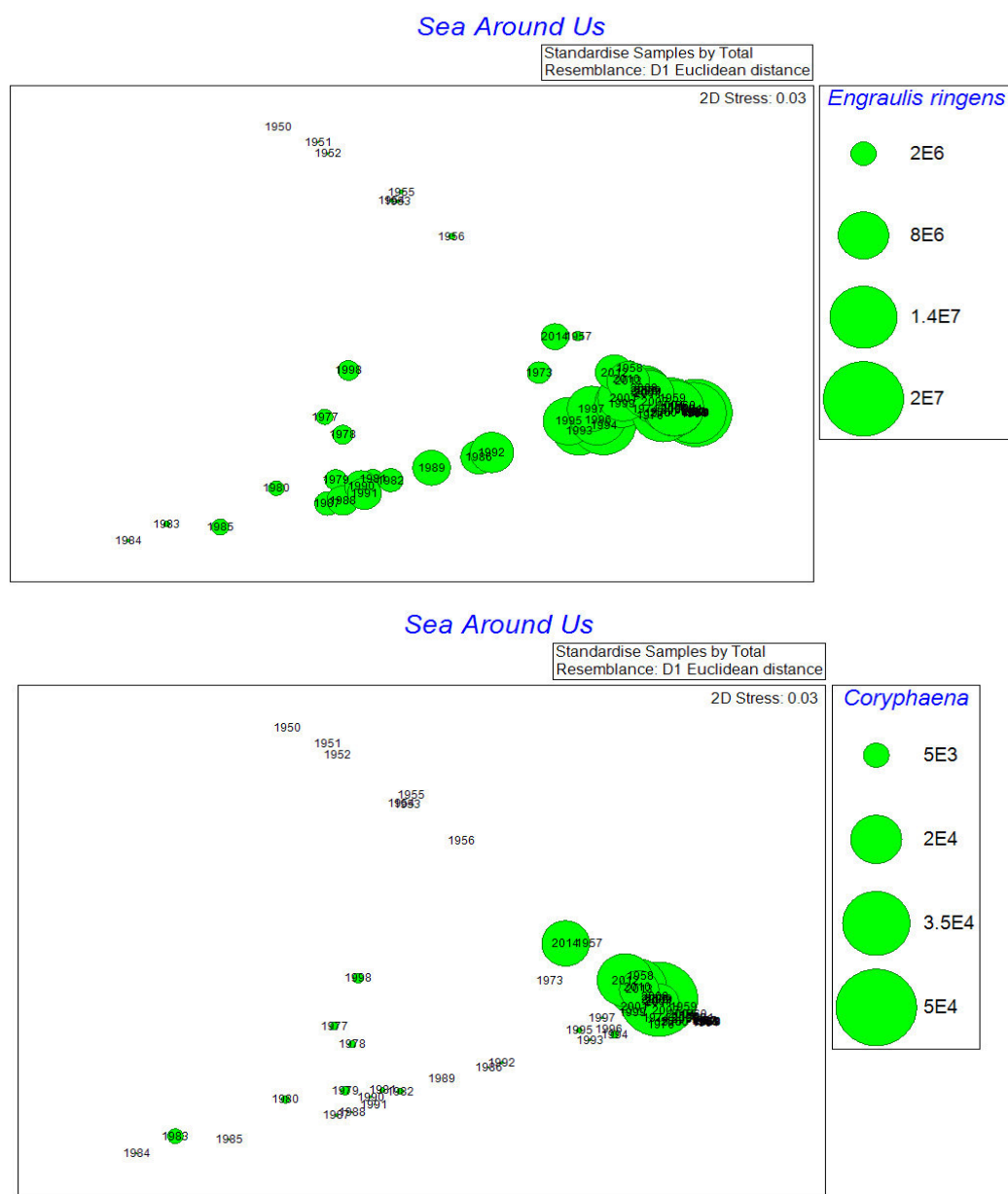


Figura 26 (continuación) Análisis gráfico multivariado con capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us*. Diagramas de escalamiento multidimensional nMDS en 2D con grupos temporales formados con el índice de distancia euclidiano. Se aprecia claramente la influencia de los principales recursos (*Engraulis ringens* y *Sarda chiliensis*) en distribución espacial del periodo evaluado.

7.4.2. Análisis de Componentes Principales (ACP)

Al analizar los datos de captura *Sea Around Us* transformados con $\log(x+1)$ se observó que en los primeros grupos temporales (grupo i, ii y iii), los recursos más característicos fueron bonito (*Sarda chiliensis*), machete (*Ethmidium maculatum*) y atún (*Katsuwonus pelamis*). Debido a su ubicación traslapada en el gráfico de dos dimensiones del ACP, es posible inferir que sus pesquerías han sido muy semejantes en términos de capturas por su elevada correlación. El grupo iv fue caracterizado por los recursos cabrilla (*Paralabrax humeralis*), *Scomberomorus sierra*, la familia Seriolella, Carangidae, entre otros. Los grupos vi y vii fueron representados principalmente por *Sardinops sagax*. El grupo v fue caracterizado por una gran cantidad de recursos entre los que destacan la familia Scombridae, *Merluccius gayi peruanus*, *Prionotus stephanophrys*, entre otros. *Argopecten purpuratus*, *Coryphaena hippurus* y los crustáceos fueron los recursos más representativos del grupo temporal viii. Finalmente, las especies *Dosidicus gigas*, *Concholepas concholepas* y *Anchoa nasus* fueron las más relevantes de los últimos años (grupos viii, ix,x) (**Figura 27**). Cabe mencionar que la transformación de los datos redujo completamente la presencia de los recursos más significativos de la pesquería industrial (*Engraulis ringens* y *Sardinops sagax*), los cuales pasan desapercibidos.

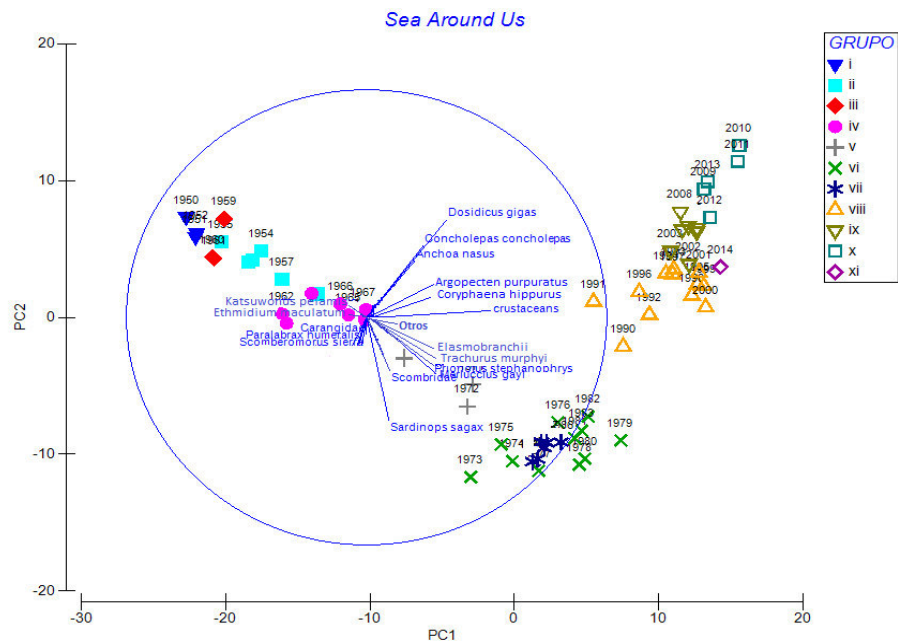


Figura 27 Gráfico en dos dimensiones de la rutina de ACP con los valores de SAU. Los grupos temporales son: Grupo i (1950-1952), Grupo ii (1953-1958), Grupo iii (1959-1961), Grupo iv (1962-1968), Grupo v (1969-1972), Grupo vi (1973-1983), Grupo vii (1984-1989), Grupo viii (1990-2001), Grupo ix (2002-2008), Grupo x (2009-2013), Grupo xi (2014).

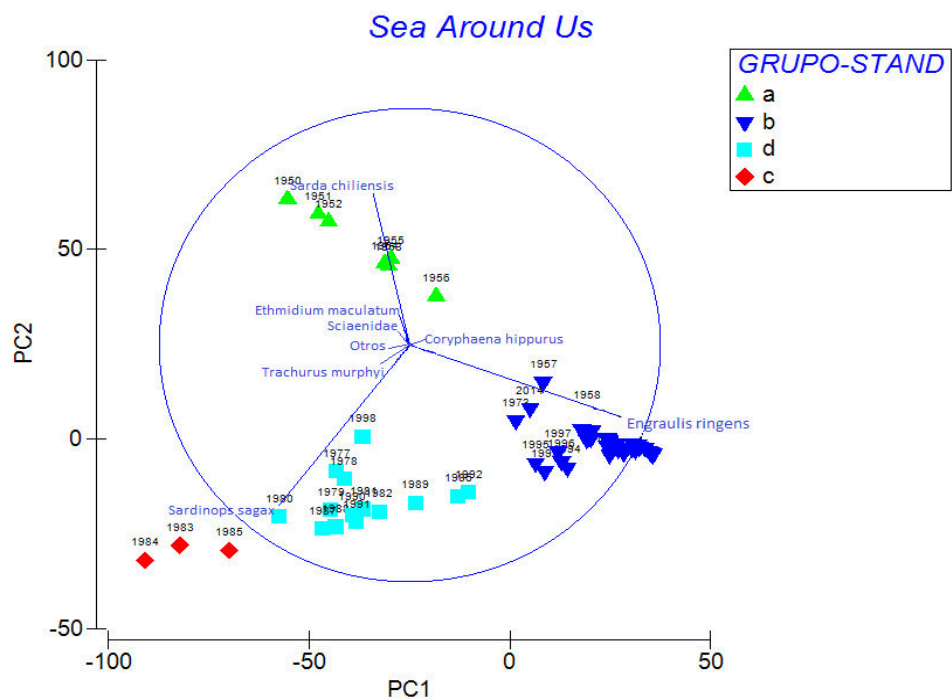


Figura 28 Gráfico en dos dimensiones de la rutina de ACP con los valores de *Sea Around Us*. Los grupos formados fueron: Grupo a (1950-1956), Grupo b (1957-1976, 1993-2014), Grupo c (1983-1985), Grupo d (1977-1982, 1986-1992).

En la **Figura 28** se distinguen claramente tres recursos que marcaron las distribuciones espaciales de los años estudiados: *Sarda chiliensis* (1950-1956), *Engraulis ringens* (1957-1976; 1987-2014) y *Sardinops sagax* (1977-1986). No es posible distinguir las demás especies y tampoco se evidencia que hayan tenido una influencia significativa en la distribución espacial de la composición del periodo estudiado. En la **Figura 29** se distingue claramente un gráfico de la rutina ACP muy similar a la realizada por Espino (2014). Las especies que más se distinguen son: *Engraulis ringens* (extremo izquierdo), *Sardinops Sagax* (extremo derecho inferior), *Sarda chiliensis* y *Trachurus murphyi* (extremo derecho superior).

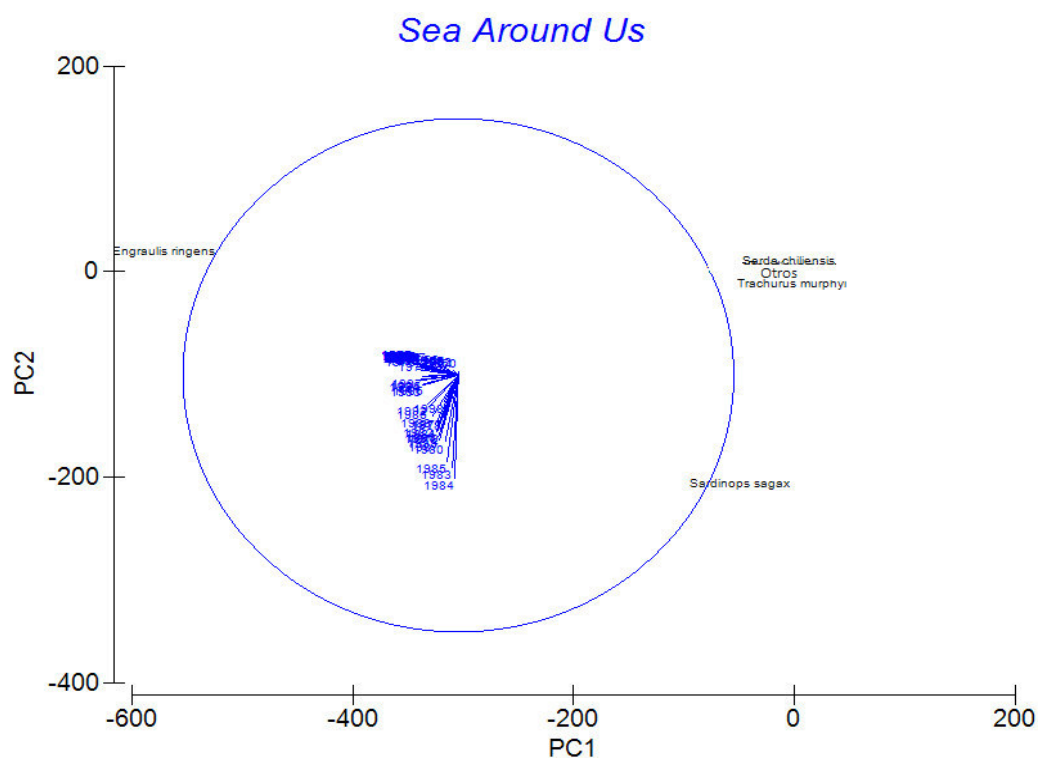


Figura 29 Gráfico en dos dimensiones de la rutina de ACP con los valores de *Sea Around Us*. La especie más representativa fue la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*).

7.4.3. Análisis de similitud (ANOSIM)

Los grupos temporales de la base de datos *Sea Around Us* analizada mediante el índice Bray-Curtis (grupo i - xi) fueron comparados y en todos los casos dio como resultado un estadístico R igual o cercano a 1, lo cual define una diferencia resaltante entre cada grupo ($R = 1$). Sin embargo, la composición de los grupos temporales no fue significativamente diferente según el análisis de similitud de Bray-Curtis (ANOSIM, $p < 0,01$) (**Anexo 3**). Esto posiblemente debido a la escasa robustez de su composición por recursos y al número de permutaciones generadas.

Por otro lado, al comparar los grupos temporales de la base de datos estandarizada (Grupo a, b, c, d,) se aprecia que, en todos los casos, la composición de los grupos comparados fue significativamente diferente ($p < 0,01$) (**Tabla 7**).

A pesar que la comparación de los grupos temporales formados por el índice Bray-Curtis no fue significativamente diferente en su composición (**Anexo 3**), se procedió con el análisis multivariado en ambas bases de datos con la finalidad de comparar los resultados finales, y establecer qué rutina refleja mejor la dinámica de las capturas en el ecosistema marino peruano.

Tabla 7 Valores estadísticos R (R Statistic) y niveles de significancia de las capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us* analizado con el índice de distancia euclidiana

Global Test

Sample statistic (Global R): 0,992

Significance level of sample statistic: 0,1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

Pairwise Tests					
Groups	Statistic	R Significance Level	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
a, b	1	0,001	73629072	999	0
a, d	1	0,001	116280	999	0
a, c	1	0,008	120	120	1
b, d	0.989	0,001	Very large	999	0
b, c	1	0,001	13244	999	0
d, c	0.837	0,001	680	680	1

7.4.4. Análisis de contribución por Grupos funcionales

Como se aprecia en la **Figura 30**, el grupo de los pelágicos pequeños fue dominante en todo el periodo estudiado. El siguiente grupo en importancia fueron los recursos pelágicos de talla mediana (**Figura 31**) que desplazaron en importancia a los pelágicos pequeños en los años 1977-1991. El siguiente grupo en importancia fue el de los moluscos cefalópodos que destacaron a partir de la última década estudiada (**Figura 32**).

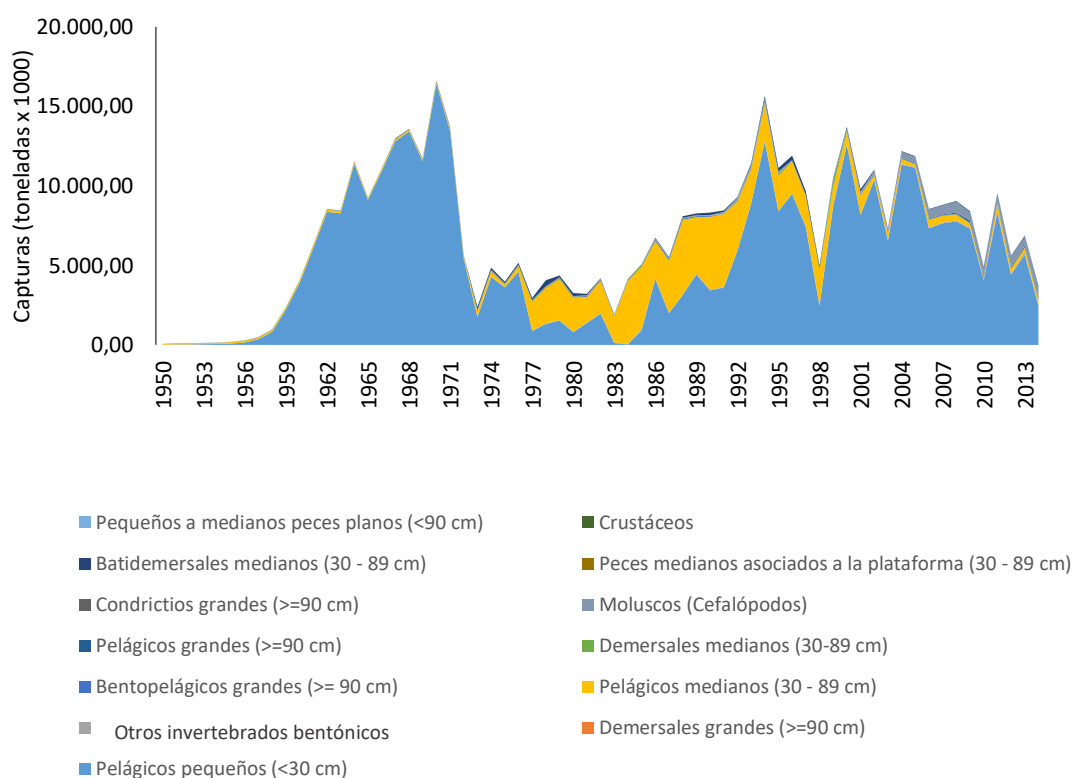


Figura 30 Tendencia histórica (1950 – 2014) de las capturas según grupo funcional. Base de datos de capturas *Sea Around Us*.

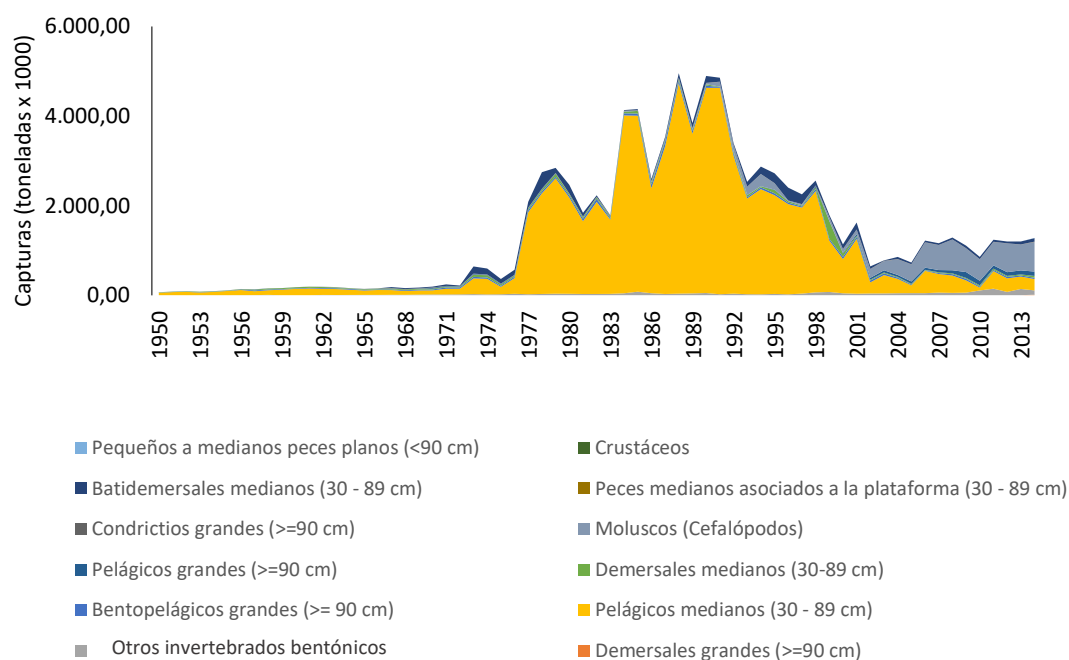


Figura 31 Tendencia histórica de las capturas *Sea Around Us* (1950 – 2014) por grupo funcional. Los recursos pelágicos pequeños no se tomaron en cuenta.

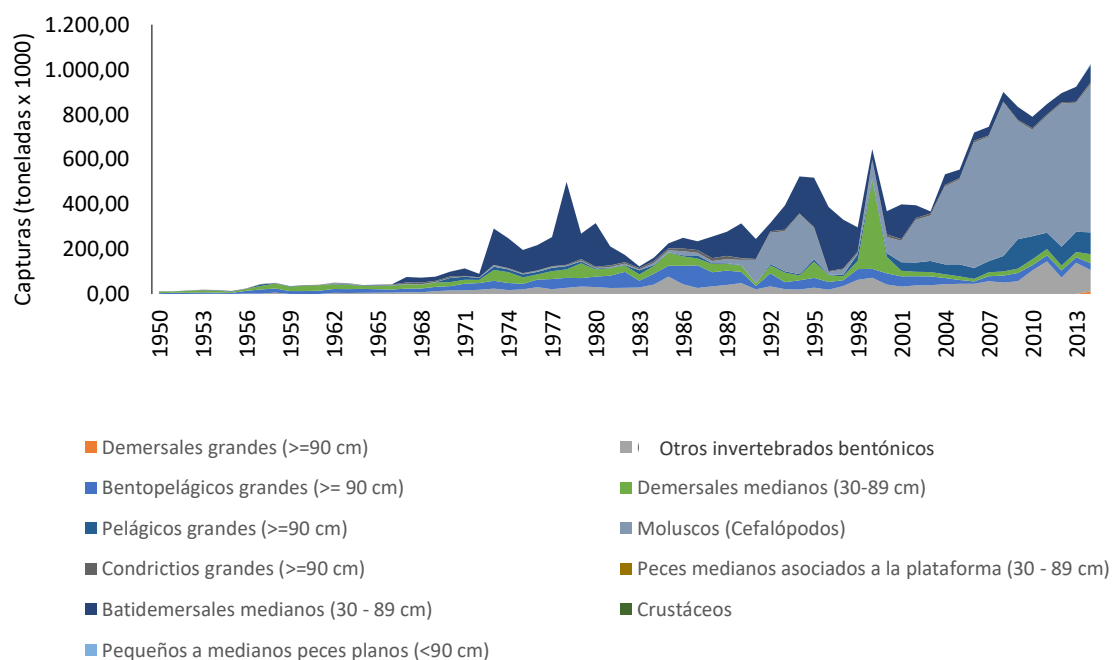


Figura 32 Tendencia histórica (1950 – 2014) de las capturas según grupo funcional sin tomar en cuenta a los recursos pelágicos pequeños y medianos. Base de datos de capturas *Sea Around Us*.

Tabla 8 Grupos funcionales propuestos por Wonitza y Mendo (2014)

N°	Nombre científico	NT	Grupo funcional	Talla promedio de captura
1	Pleuronectiformes	4,0	Pequeños a medianos peces planos	(<90 cm)
2	<i>Anchoa nasus</i>	3,5	Pelágicos pequeños	(<30 cm)
3	<i>Engraulis ringens</i>	2,9	Pelágicos pequeños	(<30 cm)
4	<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	Pelágicos pequeños	(<30 cm)
5	<i>Odontesthes regia</i>	4,0	Pelágicos pequeños	(<30 cm)
6	Carangidae	3,0	Pelágicos medianos	(30 - 89 cm)
7	<i>Euthynnus lineatus</i>	3,8	Pelágicos medianos	(30 - 89 cm)
8	<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	Pelágicos medianos	(30 - 89 cm)
9	<i>Sardinops sagax</i>	2,8	Pelágicos medianos	(30 - 89 cm)
10	<i>Scomber japonicus</i>	3,4	Pelágicos medianos	(30 - 89 cm)
11	<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	Pelágicos medianos	(30 - 89 cm)
12	Coryphaena	4,2	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
13	<i>Coryphaena hippurus</i>	4,4	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
14	<i>Istiompax indica</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
15	Istiophoridae	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
16	<i>Istiophorus platypterus</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
17	<i>Kajikia audax</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
18	<i>Katsuwonus pelamis</i>	4,4	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
19	<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
20	Scombridae	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
21	<i>Thunnus alalunga</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
22	<i>Thunnus albacares</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
23	<i>Thunnus obesus</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
24	<i>Thunnus orientalis</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
25	<i>Xiphias gladius</i>	4,5	Pelágicos grandes	(>=90 cm)
26	Haemulidae	3,5	Peces medianos asociados a la orilla	(30 - 89 cm)
27	Serranidae	3,7	Peces medianos asociados a la orilla	(30 - 89 cm)
28	<i>Argopecten purpuratus</i>	2,1	Otros invertebrados bentónicos	-
29	<i>Aulacomya atra</i>	2,0	Otros invertebrados bentónicos	-
30	Bivalvia	2,0	Otros invertebrados bentónicos	-
31	<i>Concholepas concholepas</i>	2,1	Otros invertebrados bentónicos	-
32	Echinodermata	2,0	Otros invertebrados bentónicos	-
33	Gastropoda	2,1	Otros invertebrados bentónicos	-
34	<i>Dosidicus gigas</i>	3,2	Moluscos (Cefalópodos)	-
35	Mollusca	3,2	Moluscos (Cefalópodos)	-
36	<i>Cilus gilberti</i>	3,7	Demersales medianos	(30 - 89 cm)
37	<i>Cynoscion analis</i>	4,1	Demersales medianos	(30 - 89 cm)
38	Malacanthidae	3,0	Demersales medianos	(30 - 89 cm)
39	<i>Paralichthys peruana</i>	2,2	Demersales medianos	(30 - 89 cm)
40	<i>Prionotus stephanophrys</i>	3,5	Demersales medianos	(30 - 89 cm)
41	Sciaenidae	3,0	Demersales medianos	(30 - 89 cm)
42	Anguilliformes	3,8	Demersales grandes	(>=90 cm)
43	<i>Panulirus gracilis</i>	2,5	Crustáceos	-
44	Elasmobranchii	3,7	Condrictios grandes	(>=90 cm)
45	Rajiformes	3,7	Condrictios grandes	(>=90 cm)
46	Rhinobatidae	3,6	Condrictios grandes	(>=90 cm)
47	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,7	Bentopelágicos grandes	(>=90 cm)
48	<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	Bentopelágicos grandes	(>=90 cm)
49	<i>Mugil cephalus</i>	2,5	Bentopelágicos grandes	(>=90 cm)
50	<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	Bentopelágicos grandes	(>=90 cm)
51	Seriola	3,5	Bentopelágicos grandes	(>=90 cm)
52	<i>Merluccius gayi peruana</i>	4,3	Batidemersales medianos	(30 - 89 cm)

7.4.4.1. Contribución porcentual, de grupos funcionales según grupos temporales - índice de similaridad de Bray-Curtis

Por lo observado en la **Tabla 9**, las especies de hábitat pelágico de tamaño mediano (*Sarda chiliensis*, *Sardinops sagaz*, *Trachurus murphyi*, *Scomber japonicus*) contaron con el mayor porcentaje de contribución en el grupo i (55,64%; en los años 1950-1952), para luego ser reemplazados por los recursos pelágicos pequeños en los grupos temporales subsiguientes, exceptuando el grupo vii (56,9 %; en los años 1984-1989). Refleja claramente la dominancia de los pelágicos pequeños en la zona de estudio.

Tabla 9 Contribución porcentual según grupo funcional sugerido por Wosnitza y Mendo (2014). Grupos temporales conformados por el índice de Bray-Curtis

Grupo funcional	Grupo i	Grupo ii	Grupo iii	Grupo iv	Grupo v	Grupo vi	Grupo vii	Grupo viii	Grupo ix	Grupo x	Grupo xi
Demersales medianos	19,10%	6,35%	1,15%	0,50%	0,41%	3,33%	1,79%	1,67%	1,09%	1,90%	6,02%
Condrictios grandes	0,45%	0,24%	0,02%	0,03%	0,03%	0,11%	0,18%	0,06%	0,07%	0,08%	0,20 %
Peces medianos costeros	0,09%	0,06%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,07%
Bentopelágicos medianos	3,77%	2,62%	0,26%	0,13%	0,18%	0,70%	0,61%	0,13%	0,09%	0,10%	0,27%
Pelágicos pequeños	20,03%	66,40%	95,26%	98,13%	98,02%	53,75%	38,25%	72,79%	89,49%	82,79%	62,42%
Pelágicos medianos	55,64%	22,94%	3,22%	1,04%	0,92%	37,13%	56,90%	22,41%	3,53%	3,72%	6,45%
Pelágicos grandes	0,65%	0,60%	0,04%	0,02%	0,09%	0,28%	0,08%	0,10%	0,51%	1,34%	2,48%
Bentopelágicos grandes	0,26%	0,22%	0,06%	0,02%	0,03%	0,40%	0,45%	0,25%	0,18%	0,29%	0,50%
Moluscos	0,00%	0,06%	0,00%	0,02%	0,01%	0,10%	0,20%	0,90%	4,20%	7,60%	16,75%
Otros invert. bentónicos	0,00%	0,49%	0,00%	0,06%	0,13%	0,70%	0,69%	0,35%	0,46%	1,44%	2,44%
Batidemersales medianos	0,00%	0,01%	0,00%	0,06%	0,18%	3,48%	0,85%	1,34%	0,39%	0,73%	1,99%
Demersales grandes	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,28%
Porcentaje total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

La actividad extractiva se concentró en los recursos pelágicos posiblemente por su fácil acceso y elevada abundancia. Los pelágicos de talla grande (>90 cm) no destacaron en ningún grupo temporal (p.e. Coryphaena (NT = 4,2), Scombridae (NT = 4,5) y atunes como Katsuwonus pelamis, Thunnus alalunga, Thunnus albacares, Thunnus obesus y Thunnus orientalis). Por el contrario, se priorizó la extracción de pelágicos de talla media (30 – 89 cm)

y pequeña (<30 cm), lo que estaría posiblemente asociado a su mayor disponibilidad y precio (Anexo 1).

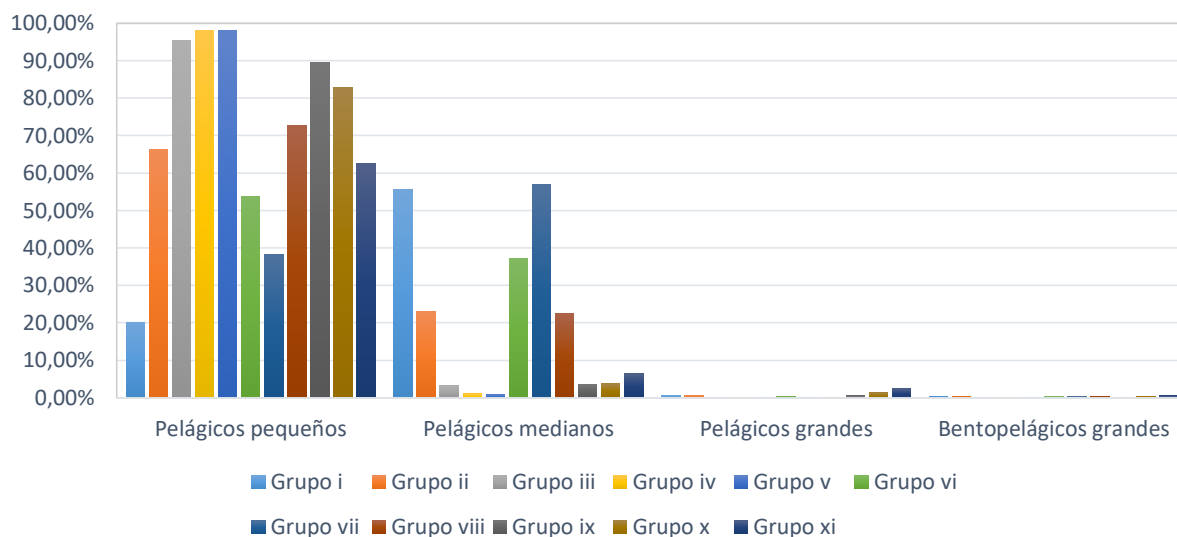


Figura 33 Porcentaje de contribución por grupo funcional de peces óseos de hábitat pelágico. Los pelágicos pequeños contaron con el más alto porcentaje de contribución porcentual en casi todos los grupos de años, a excepción de los grupos i y vii conformados por los años 1950-1952 y 1984-1989 respectivamente, donde los pelágicos medianos contaron con una mayor contribución porcentual.

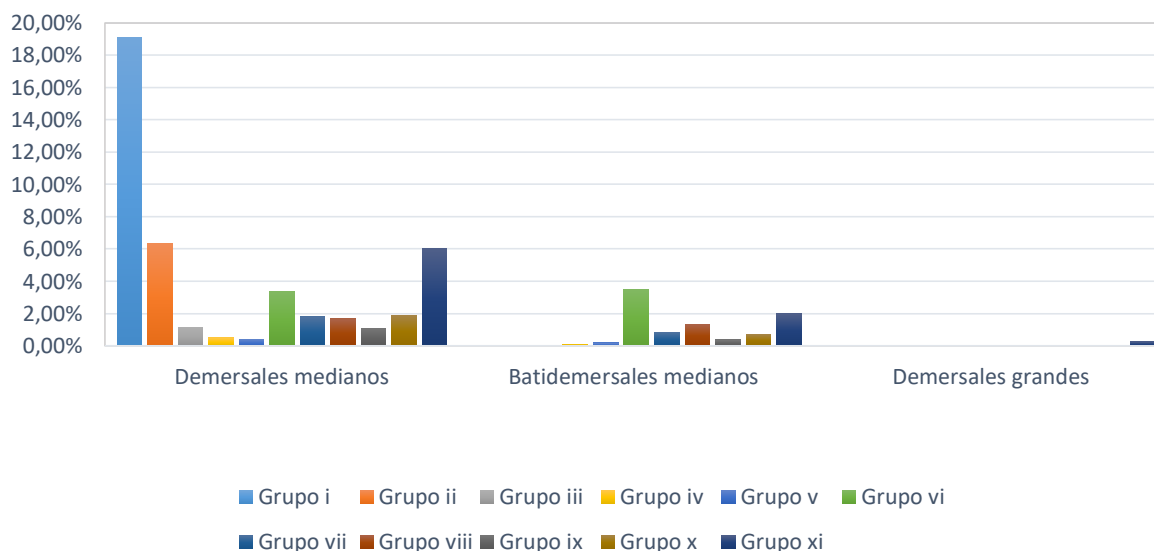


Figura 34 Porcentaje de contribución por grupos funcionales de peces óseos de hábitat demersal. Los peces demersales de tamaño medio contaron con el más alto porcentaje de contribución porcentual en el grupo i (1950-1952). La captura de las especies de hábitat batidemersal de talla media se mantuvo relativamente constante desde inicios de los 70' a excepción del periodo del grupo VIII donde hubo un

descenso marcado en su captura. *Merluccius gayi peruanus* fue la única especie que conformó este grupo funcional.

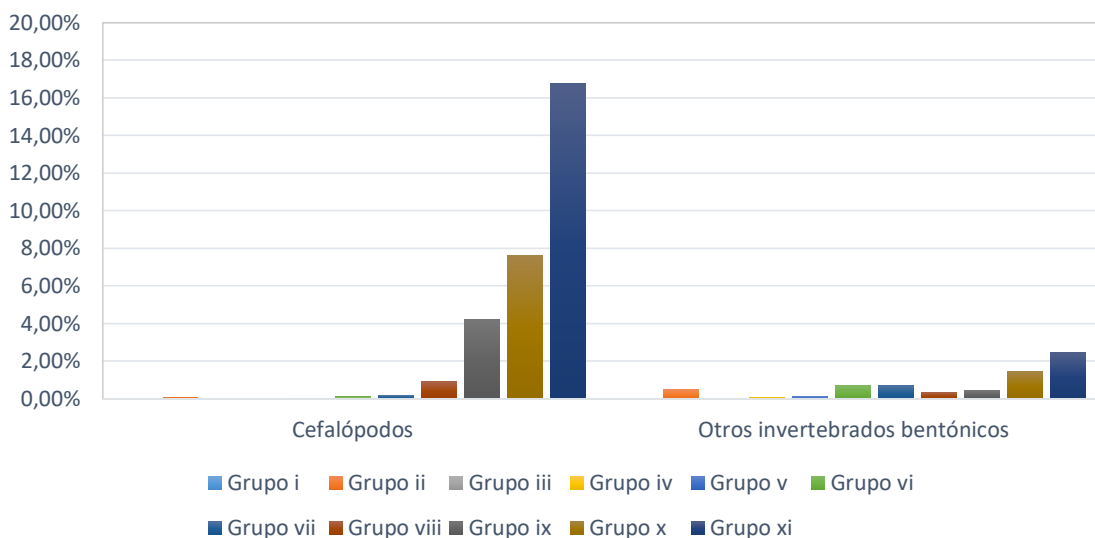


Figura 35 Porcentaje de contribución de cefalópodos (moluscos) y otros invertebrados bentónicos (*C. concholepas*, el orden Gasterópoda, orden Bivalvia, *Argopecten purpuratus* y *Aulacomya atra*).

7.4.4.2. Contribución porcentual de grupos funcionales según grupos temporales – distancia euclidiana

Al evaluar la contribución porcentual de los grupos temporales: grupo a (1950-1956), grupo b (1993-2014, 1957-1976), grupo c (1983-1985) y grupo d (1977-1982, 1986-1992), se destacó su elevada composición de pelágicos medianos. Este grupo funcional (representado por *Sarda chiliensis*, *Sardinops sagax*, *Trachurus murphyi*, *Scomber japonicus*) contó con el mayor porcentaje de contribución en el grupo temporal a (45,93%), para luego ser reemplazado por los recursos pelágicos pequeños en el grupo temporal b (88,53%), y volver a destacar en el grupo c (84,29%) y grupo d (49,64%). Este resultado se observa de manera ilustrativa en la **Figura 36**.

Adicionalmente, los recursos demersales de talla media destacaron en el grupo a con un porcentaje del 13,14% (**Figura 37**), reducen su porcentaje de contribución en el grupo b con 1,31%, aumentan ligeramente en el grupo c y se reducen nuevamente en el grupo d (1,98%).

Tabla 10 Contribución porcentual según grupo funcional sugerido por Wosnitza y Mendo (2014) y grupos temporales conformados por el índice de distancia euclidiana

Grupo funcional	Grupo a	Grupo b	Grupo c	Grupo d
Demersales medianos	13,14%	1,31%	2,81%	1,98%
Condrictios grandes	0,45%	0,05%	0,20%	0,13%
Pequeños a medianos peces chatos	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
Peces medianos asociados a la orilla	0,10%	0,00%	0,01%	0,01%
Bentopelágicos medianos	3,42%	0,16%	0,46%	0,55%
Pelágicos pequeños	35,71%	88,53%	9,47%	44,31%
Pelágicos grandes	0,65%	0,32%	0,21%	0,10%
Pelágicos medianos	45,93%	6,35%	84,29%	49,64%
Bentopelágicos grandes	0,27%	0,16%	0,65%	0,39%
Moluscos	0,03%	1,98%	0,19%	0,45%
Otros invertebrados bentónicos	0,29%	0,41%	1,31%	0,53%
Batidemersales medianos	0,01%	0,73%	0,39%	1,92%
Demersales grandes	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Porcentaje total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

En el caso de los invertebrados, el porcentaje de contribución de los cefalópodos fue destacable en el grupo *b* (1,98%) para posteriormente oscilar en los siguientes grupos temporales entre 0,1 y 0,5 % (**Figura 38**). Los invertebrados bentónicos como *Concholepas concholepas*, *Argopecten purpuratus* y *Aulacomya atra* destacaron en el grupo *c* con 1,31%.

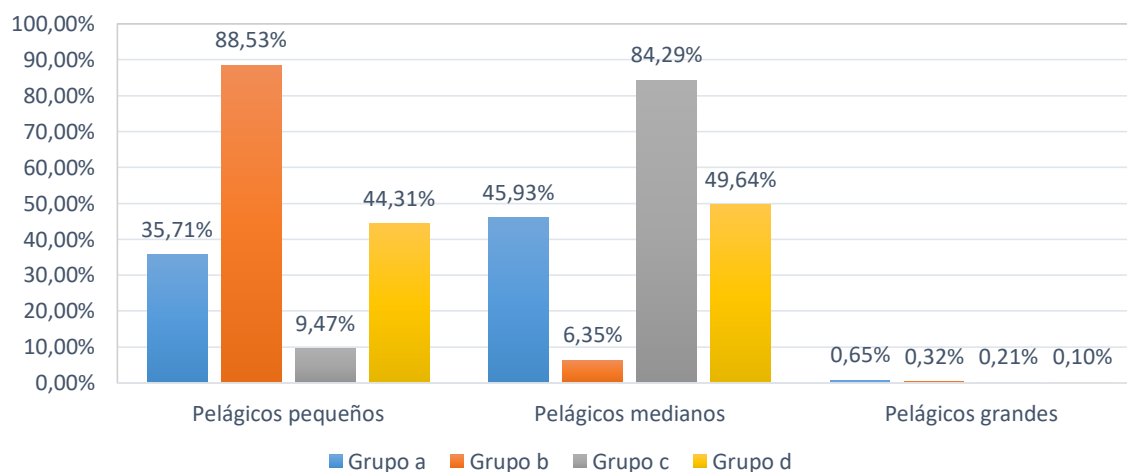


Figura 36 Porcentaje de contribución por grupos funcionales de peces óseos de hábitat pelágico. El grupo a (1950-1956), el grupo c (1983-1985) y el grupo d (1977-1982, 1986-1992) se caracterizaron por un mayor porcentaje de pelágicos medianos extraídos.

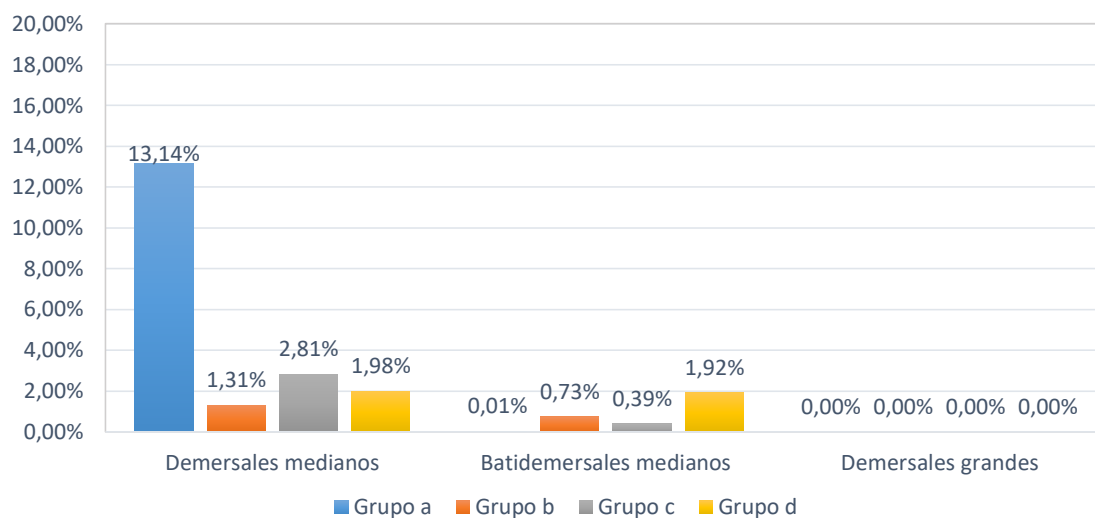


Figura 37 Porcentaje de contribución por grupos funcionales de peces óseos de hábitat demersal.

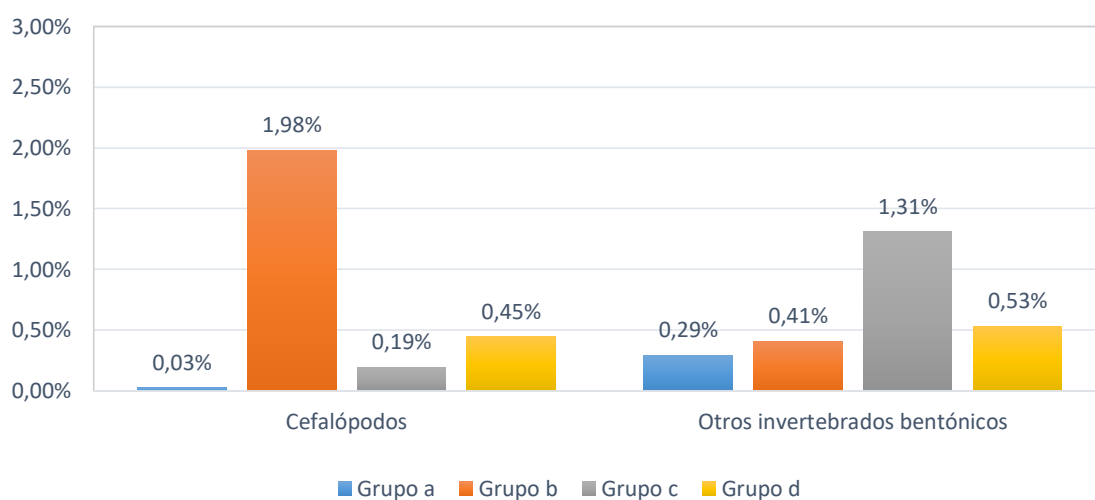


Figura 38 Porcentaje de contribución de cefalópodos (moluscos) e invertebrados bentónicos (*C. concholepas*, orden Gasteropoda, orden Bivalvia, *Argopecten purpuratus* y *Aulacomya atra*).

7.4.5. Análisis de Similitud de Perfiles (SIMPER) y Producción Primaria Requerida (PPR)

Según los resultados de la rutina SIMPER aplicada en la base de datos de capturas reconstruidas *Sea Around Us*, transformada previamente por Log (x+1) y analizada con el índice de Bray-Curtis, las principales especies que conformaron el grupo i (1950-1952, con promedio de similitud de 95,01 %) fueron el bonito (*Sarda chiliensis*) (Nt = 4,50), el machete (*Ethmidium maculatum*) (Nt = 2,10), la familia Sciaenidae (Nt = 3,00), la cojinova (familia Seriolella) (Nt = 3,50), la caballa (*Scomber japonicus*) (Nt = 3,40) y la cabrilla (*Paralabrax humeralis*) (Nt = 4,10) (**Tabla 13**). Los recursos pelágicos de talla media (30-89 cm de tamaño total) contaron con el mayor porcentaje de contribución (55,64%, con una captura de 195.346 t), seguidos de los recursos pelágicos de talla pequeña (20,03%) y demersales medianos (19,10%) (**Tablas 9, 11**). Para sustentar la pesquería de este periodo se necesitó una productividad primaria de 63,18 gCm⁻²year⁻¹(**Figura 39**), distribuyéndose principalmente entre los pelágicos medianos (35,15 gCm⁻²year⁻¹) y los pequeños (12,66 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

Según la rutina SIMPER, el grupo ii (1953-1958) contó con un promedio de similitud del 91,04 %. Las especies que más contribuyeron porcentualmente fueron el bonito (*Sarda chiliensis*) (Nt = 4,50), la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Nt = 2,90), el machete (*Ethmidium maculatum*) (Nt = 2,10), y la familia Sciaenidae (p.e. la corvina) (Nt = 3,00) (**Tabla 13**). El grupo funcional de los recursos de hábitat pelágico de talla pequeña fue la categoría de mayor contribución (66,40 %, con una captura de 1.529.178,21 t), seguido de los recursos pelágicos de tamaño mediano (22,94 %) y los recursos demersales medianos (6,35%) (**Tablas 9, 11**). Para sustentar la pesquería de los recursos hidrobiológicos de este periodo se requirió una productividad primaria de 414,40 gCm⁻²year⁻¹(**Figura 39**), distribuyéndose principalmente

entre los pelágicos pequeños ($275,16 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) y los pelágicos medianos ($95,06 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) (**Tabla 12**).

El grupo iii (1959-1961) presentó una similaridad promedio de 93,32 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de capturas reconstruidas fueron la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Nt = 2,90), el bonito (*Sarda chiliensi*) (Nt = 4,50), la familia Sciaenidae (p.e. la corvina) (Nt = 3,00), la caballa (*Scomber japonicus*) (Nt = 3,40) y el machete (*Ethmidium maculatum*) (Nt = 2,10) (**Tabla 13**). El grupo funcional de los recursos pelágicos de talla pequeña fue la categoría de especies que más contribuyó (95,26 % con una captura de 12.201.133 t), seguido de recursos del mismo hábitat de talla media (3,22 %). Los demás grupos funcionales no contaron con más del 2% de contribución (**Tablas 9, 11**).

Para sustentar la pesquería de este periodo se requirió una productividad primaria de $2.304,7 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$ (**Figura 39**), distribuyéndose principalmente entre los pelágicos pequeños ($2.195,44 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) y los pelágicos medianos ($74,13 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) (**Tabla 12**).

El grupo iv (1962-1968) presentó una similaridad promedio de 92,95 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de la captura en este periodo fueron la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Nt = 2,90), el bonito (*Sarda chiliensis*) (Nt = 4,50), el machete (*Ethmidium maculatum*) (Nt = 2,10), la cojinova (*Seriola sp.*) (Nt = 3,50) y la caballa (*Scomber japonicus*) (Nt = 3,40) (**Tabla 13**). El grupo funcional pelágicos de talla pequeña fue la categoría de especies que más contribuyó (98,13 %, con una captura de 74.302.872 t), seguido de los recursos del mismo hábitat de talla media (1,04 %) (**Tabla 9, Tabla 11**). Para sustentar la pesquería de este periodo se requirió una productividad primaria de $13.624,87 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$ (**Figura 39**), distribuyéndose principalmente entre los pelágicos pequeños ($13.369,84 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) y los pelágicos medianos ($141,21 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) (**Tabla 12**).

El grupo v (1969-1972) contó con una similaridad promedio de 93,65 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de capturas reconstruidas fueron *Engraulis ringens* (Nt = 2,90), *Sarda chiliensis* (Nt = 4,50), *Ethmidium maculatum* (Nt = 2,10), y *Merluccius gayi peruanus* (Nt = 4,30) (**Tabla 13**). El grupo funcional de recursos de hábitat pelágico de talla pequeña fue la categoría de especies que más contribuyó (98,02 % con una captura de 46.808.333 t), seguido de los recursos del mismo hábitat de talla media (0,92 %) (**Tablas 9, 11**). Para sustentar la pesquería de los recursos hidrobiológicos de este periodo se requirió una productividad primaria de 8.592,46 gCm⁻²year⁻¹ (**Figura 39**), distribuyéndose principalmente entre los pelágicos pequeños (8.422,55 gCm⁻²year⁻¹) y los pelágicos medianos (78,64 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

El grupo vi (1973-1983) presentó una similaridad promedio de 92,23 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de capturas fueron *Engraulis ringens* (Nt = 2,90), *Sardinops sagax* (Nt = 2,80), *Trachurus murphyi* (Nt = 3,30) y *Merluccius gayi peruanus* (Nt = 4,30) (**Tabla 13**). El grupo funcional de los recursos de hábitat pelágico de talla media fue la categoría de especies que más contribuyó (53,75 %, con una captura de 22.205.089 t), seguido del grupo de los recursos de talla pequeña (37,13 %), recursos de hábitat batidemersal de talla media (3,48 %) y recursos bentopelágicos de talla grande (0,40%) (**Tablas 9, 11**). Para sustentar la pesquería de los recursos hidrobiológicos de este periodo se requirió una productividad primaria de 7.433,72 gCm⁻²year⁻¹ (**Figura 39**), distribuyéndose principalmente entre los pelágicos pequeños (3.995,52 gCm⁻²year⁻¹) y los pelágicos medianos (2.760,41 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

El grupo vii (1984-1989) contó con una similaridad promedio de 93,43 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de desembarques fueron *Sardinops sagax* (Nt = 2,80), *Engraulis ringens* (Nt = 2,90), *Trachurus murphyi* (Nt = 3,30), *Scomber japonicus* (Nt = 3,40)

y *Merluccius gayi peruanus* (Nt = 4,30) (**Tabla 13**). El grupo funcional de recursos de hábitat pelágico de talla mediana fue la categoría de especies que más contribuyó (56,90 % con una captura de 21.790.849 t), seguido de los recursos de tamaño pequeño (38,25 %) y recursos de hábitat batidemersal de talla media (0,85 %) (**Tablas 9,11**). Para sustentar la pesquería de los recursos hidrobiológicos de este periodo se requirió una productividad primaria de 6.891,30 $\text{gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$ (**Figura 39**), distribuyéndose principalmente entre los pelágicos pequeños ($3.920,98 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) y los pelágicos medianos ($2.635,77 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) (**Tabla 12**).

El grupo viii (1990-2001) presentó una similaridad promedio de 92,31 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de captura fueron *Engraulis ringens* (Nt = 2,90), *Sardinops sagax* (Nt = 2,80), *Trachurus murphyi* (Nt = 3,30), *Merluccius gayi peruanus* (Nt = 4,30) y *Scomber japonicus* (Nt = 3,40) (**Tabla 13**). El grupo funcional de recursos pelágicos de talla pequeña fue la categoría que más contribuyó (72,79 % con una captura de 91.808.417 t), seguido de los pelágicos de talla mediana (22,41%) y los recursos demersales medianos (1,67 %) (**Tablas 9, 11**). Para sustentar la pesquería de los recursos hidrobiológicos de este periodo se requirió una productividad primaria de $2.695,30 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$ (**Figura 39**), distribuyéndose principalmente entre los pelágicos pequeños ($16.519,98 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) y los pelágicos medianos ($2.5086.895 \text{ gCm}^{-2}\text{year}^{-1}$) (**Tabla 12**).

El grupo ix (2002-2008) presentó una similaridad promedio de 93,47 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de captura fueron *Engraulis ringens* (Nt = 2,90), *Dosidicus gigas* (Nt = 3,20), *Trachurus murphyi* (Nt = 3,30), *Scomber japonicus* (Nt = 3,40) y *Coryphaena hippurus* (Nt = 4,40) (**Tabla 13**). El grupo funcional de recursos pelágicos de talla pequeña fue la categoría que más contribuyó (89,49 % con una captura de 62.131.222 t), seguido de los moluscos (4,20%) y los recursos pelágicos de talla media (3,53 %) (**Tablas 9, 11**). Para sustentar la pesquería de los recursos hidrobiológicos de este periodo se requirió una

productividad primaria de 12.493,09 gCm⁻²year⁻¹ (**Figura 39**), distribuyéndose principalmente entre los pelágicos pequeños (11.179,707 gCm⁻²year⁻¹) y los pelágicos medianos (441,105 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

El grupo x (2009-2013) presentó una similaridad promedio de 93,79 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de captura fueron *Engraulis ringens* (Nt = 2,90), *Dosidicus gigas* (Nt = 3,20), *Coryphaena hippurus* (Nt = 4,40), *Trachurus murphyi* (Nt = 3,30) y *Argopecten purpuratus* (Nt = 2,10) (**Tabla 13**). El grupo funcional de recursos pelágicos de talla pequeña fue la categoría que más contribuyó (82,79 % con una captura de 29.766.972,38 t), seguido de los moluscos (7,60%) y los recursos pelágicos de talla media (3,72 %) (**Tablas 9, 11**). La productividad primaria requerida para sustentar las pesquerías de este periodo fue de 6.469,55 gCm⁻²year⁻¹ (**Figura 39**), dividiéndose principalmente entre el grupo de los pelágicos pequeños (5.356,18 gCm⁻²year⁻¹) y el grupo de los moluscos (491.665 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

A pesar que no fue posible realizar el análisis SIMPER con el grupo xi, debido a que solo está conformado por el año 2014, pudo efectuarse la composición porcentual por grupo funcional, destacándose el grupo de los recursos de hábitat pelágico de talla pequeña (62,42% con una captura de 2.449.281 t) , moluscos (16,75%), recursos de talla media (6,45%), recursos de tamaño grande (2,48%) y finalmente la categoría “otros invertebrados bentónicos” conformada por los órdenes Gastropoda, Echinodermata, Bivalvia y las especies *Concholepas concholepas*, *Argopecten purpuratus* y *Aulacomya atra* (2,44%) (**Tablas 9, 11**). La productividad primaria requerida para sustentar las pesquerías de este periodo fue de 706,07 gCm⁻²year⁻¹ (**Figura 39**), dividiéndose principalmente entre el grupo de los pelágicos pequeños (440.716 gCm⁻²year⁻¹) y el grupo de los moluscos (118.245 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

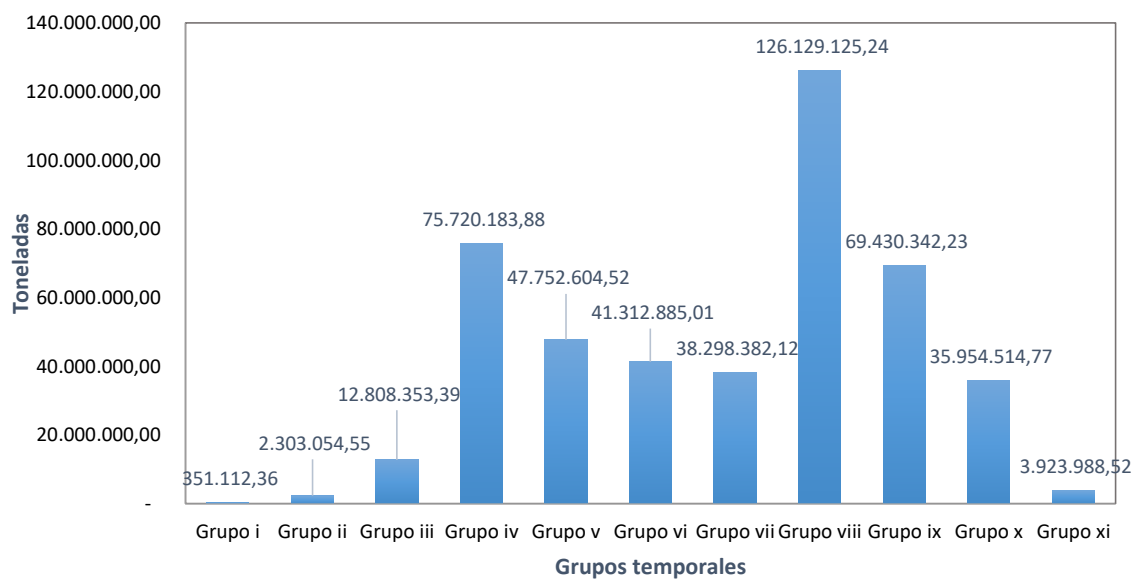


Figura 39 Captura en toneladas distribuida por grupos temporales, base de datos de capturas reconstruidas *Sea Around Us*, transformación log (x+1), índice Bray-curtis.

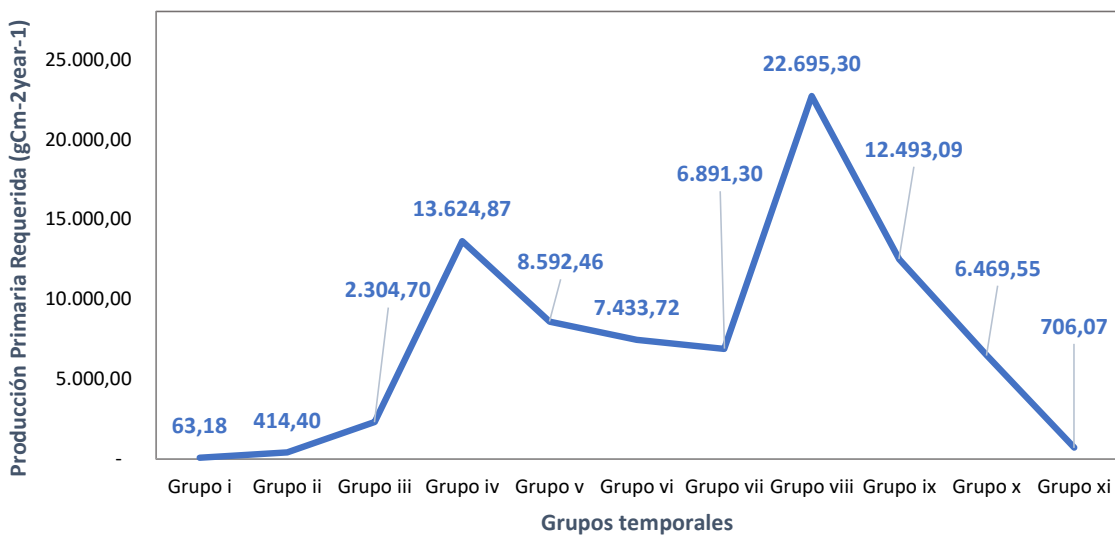


Figura 40 Producción Primaria Requerida por grupos temporales, base de datos de capturas reconstruidas *Sea Around Us*, transformación log (x+1) índice Bray-curtis

Tabla 11 Captura reconstruida SAU por grupo funcional según grupo temporal – índice Bray-Curtis

Grupo funcional	Capturas reconstruidas (t)										
	Grupo i	Grupo ii	Grupo iii	Grupo iv	Grupo v	Grupo vi	Grupo vii	Grupo viii	Grupo ix	Grupo x	Grupo xi
Demersales medianos	67.052,00	146.208,25	147.079,38	382.145,15	195.734,56	1.377.447,00	687.257,61	2.100.506,44	754.763,80	684.858,16	236.352,29
Condrictios grandes	1.582,38	5.644,75	1.950,87	20.680,36	14.169,83	44.915,30	67.467,86	69.773,83	45.618,01	28.428,82	7.935,29
Pequeños a medianos peces planos	80,64	206,64	126,00	403,20	423,36	1.270,08	282,24	255,53	44,35	25,20	5.040,00
Peces medianos asociados a arrecifes	309,21	1.459,38	648,92	1.299,46	1.115,92	5.042,78	1.401,93	7.194,24	2.164,83	537,93	2.786,58
Bentopelágicos medianos	13.224,14	60.300,02	33.552,73	95.386,16	85.820,86	289.153,05	233.091,54	164.505,53	63.189,16	37.478,02	10.445,87
Pelágicos pequeños	70.332,28	1.529.178,21	12.201.133,84	74.302.872,61	46.808.333,09	22.205.089,77	14.648.270,48	91.808.417,22	62.131.222,82	29.766.972,38	2.449.281,15
Pelágicos grandes	2.288,29	13.930,47	4.603,09	12.486,14	41.442,66	116.022,41	30.166,56	132.379,21	354.705,02	480.660,84	97.143,25
Pelágicos medianos	195.346,97	528.281,95	411.970,78	784.759,41	437.026,42	15.340.999,11	21.790.849,10	28.270.417,79	2.451.442,02	1.337.953,04	253.199,87
Bentopelágicos grandes	896,46	5.087,28	7.287,78	17.119,50	11.949,63	165.333,95	173.420,42	317.178,71	124.932,38	105.642,39	19.717,30
Moluscos	0,00	1.328,31	0,00	11.760,45	4.939,83	40.563,63	76.271,81	1.131.109,58	2.914.544,91	2.732.428,18	657.148,91
Otros invertebrados bentónicos	0,00	11.301,14	0,00	42.864,14	63.397,18	287.986,04	263.449,57	437.282,92	319.271,52	518.571,31	95.645,71
Batidemersales medianos	0,00	125,45	0,00	48.281,75	88.082,43	1.438.781,09	326.170,61	1.687.565,71	268.078,06	260.949,06	78.076,50
Crustáceos	0,00	2,70	0,00	125,56	168,76	280,81	282,38	2.538,54	365,36	9,46	291,60
Demersales grandes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10.924,20
	351.112,36	2.303.054,55	12.808.353,39	75.720.183,88	47.752.604,52	41.312.885,01	38.298.382,12	126.129.125,24	69.430.342,23	35.954.514,77	3.923.988,52

Tabla 12 Producción primaria requerida (gCm-2año-1) para sustentar las pesquerías por grupo funcional en cada grupo temporal (pelágicos, demersales, bentopelágicos, batidemersales, crustáceos, moluscos, otros invertebrados bentónicos)

Grupo funcional	Producción Primaria Requerida (gCm-2year-1)										
	Grupo i	Grupo ii	Grupo iii	Grupo iv	Grupo v	Grupo vi	Grupo vii	Grupo viii	Grupo ix	Grupo x	Grupo xi
Demersales medianos	12,07	26,31	26,47	68,76	35,22	247,85	123,66	377,96	135,81	123,23	42,53
Condrictios grandes	0,29	1,01	0,35	3,72	2,46	6,03	10,03	6,58	2,20	1,54	0,45
Pequeños a medianos peces planos	0,02	0,04	0,02	0,07	0,08	0,23	0,05	0,05	0,01	0,01	0,91
Peces medianos asociados a la orilla	0,06	0,26	0,12	0,23	0,20	0,91	0,25	1,30	0,39	0,10	0,50
Bentopelágicos medianos	2,38	10,85	6,04	17,16	15,44	52,03	41,94	29,60	11,37	6,74	1,88
Pelágicos pequeños	12,66	275,16	2.195,44	13.369,84	8.422,55	3.995,52	2.635,77	16.519,73	11.179,71	5.356,18	440,72
Pelágicos grandes	0,41	2,51	0,83	2,25	7,46	20,88	5,43	23,82	63,83	86,49	17,48
Pelágicos medianos	35,15	95,06	74,13	141,21	78,64	2.760,41	3.920,98	5.086,90	441,11	240,75	45,56
Bentopelágicos grandes	0,16	0,92	1,31	3,08	2,15	29,75	31,21	57,07	22,48	19,01	3,55
Moluscos	0,00	0,24	0,00	2,12	0,89	7,30	13,72	203,53	524,44	491,67	118,25
Otros invertebrados bentónicos	0,00	2,03	0,00	7,71	11,41	51,82	47,40	78,68	57,45	93,31	17,21
Batidemersales medianos	0,00	0,02	0,00	8,69	15,85	258,89	58,69	303,66	48,24	46,95	14,05
Crustáceos	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,05	0,05	0,46	0,07	0,00	0,00
Demersales grandes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,97
	63,18	414,40	2.304,70	13.624,87	8.592,46	7.433,72	6.891,30	22.695,30	12.493,09	6.469,55	706,07

Tabla 13 Cuadro de la rutina SIMPER del índice Bray-Curtis. Se detallan los valores del promedio de captura por especie (Av. Abund), porcentaje de contribución (Contrib. %) y porcentaje acumulado (Cum. %) por grupo temporal. El porcentaje de similaridad osciló entre el 91.03% y el 95.01%. Los grupos analizados fueron: Grupo i (1950-1952), Grupo ii (1953-1958), Grupo iii (1959-1961), Grupo iv (1962-1968), Grupo v (1969-1972), Grupo vi (1973-1983), Grupo vii (1984-1989), Grupo viii (1990-2001), Grupo ix (2002-2008), Grupo x (2009-2013), Grupo xi (2014). No fue posible realizar el análisis SIMPER con el Grupo IX debido a que solo contó con un año en su composición (2014).

Group i (1950 - 1952) Average similarity: 95.01					Group iii (1959 - 1961) Average similarity: 93.32				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum. %	Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum. %
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	11,02	7,83	7,83	<i>Engraulis ringens</i>	2,9	15,13	9,3	9,3
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	9,43	6,59	14,42	<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	11,69	7,31	16,61
Sciaenidae	3,0	8,54	5,99	20,41	Sciaenidae	3,0	9,54	5,98	22,59
Seriola	3,5	7,76	5,4	25,81	<i>Scomber japonicus</i>	3,4	9,44	5,89	28,48
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	7,84	5,38	31,19	<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	9,23	5,78	34,27
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	7,35	5,17	36,36	<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	8,61	5,41	39,67
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	8,39	5,14	41,5	<i>Cynoscion analis</i>	4,1	8,59	5,39	45,06
Malacanthidae	3,0	6,64	4,59	46,09	Seriola	3,5	8,53	5,36	50,42
<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	6,4	4,49	50,58	<i>Sardinops sagax</i>	2,8	8,35	5,15	55,58
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	6,39	4,46	55,04	<i>Mugil cephalus</i>	2,5	7,77	4,79	60,36
Rajiformes	3,7	6,22	4,29	59,32	<i>Odontesthes regia</i>	4,0	7,29	4,57	64,93
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	6,39	4,19	63,52	<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	6,64	4,11	69,04
<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	5,84	3,98	67,5	<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	6,28	3,86	72,9
<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	5,72	3,96	71,46	<i>Katsuwonus pelamis</i>	4,4	6,66	3,81	76,71
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	5,65	3,88	75,34	<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	5,88	3,5	80,21
<i>Sardinops sagax</i>	2,8	5,94	3,59	78,93	<i>Thunnus albacares</i>	4,5	5,01	3,04	83,25
Serranidae	3,7	4,5	3,18	82,11	<i>Cilus gilberti</i>	3,7	4,66	2,92	86,17
<i>Thunnus albacares</i>	4,5	4,71	3,12	85,23	<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	5,39	2,77	88,93
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,7	4,36	3,02	88,25	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,7	4,26	2,61	91,54
<i>Cilus gilberti</i>	3,7	4,22	3	91,25					

Group ii (1953 - 1958) Average similarity: 91.04					Group iv (1962 - 1968) Average similarity: 92.95				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum. %	Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum. %
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	11,28	6,73	6,73	<i>Engraulis ringens</i>	2,9	16,16	7,9	7,9
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	11,71	6,63	13,36	<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	11,43	5,58	13,47
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	9,81	5,79	19,15	<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	9,68	4,67	18,14
Sciaenidae	3,0	8,6	5,06	24,21	Seriola	3,5	8,84	4,28	22,43
Seriola	3,5	8,25	4,81	29,01	<i>Scomber japonicus</i>	3,4	9,03	4,25	26,68
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	8,49	4,8	33,81	<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	8,66	4,23	30,91
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	8,16	4,68	38,49	<i>Aulacomya atra</i>	2,0	8,66	4,2	35,1
Malacanthidae	3,0	7,73	4,45	42,94	Sciaenidae	3,0	8,55	4,03	39,13
Rajiformes	3,7	6,8	3,98	46,92	<i>Cynoscion analis</i>	4,1	8,36	4,02	43,16
<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	6,82	3,95	50,87	<i>Sardinops sagax</i>	2,8	8,34	3,91	47,07
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	6,76	3,78	54,65	<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	8,14	3,85	50,92
<i>Aulacomya atra</i>	2,0	6,78	3,73	58,37	Malacanthidae	3,0	7,85	3,79	54,7
<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	6,48	3,68	62,05	<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	7,91	3,73	58,43
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	6,53	3,66	65,71	<i>Mugil cephalus</i>	2,5	7,59	3,53	61,96
<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	6,67	3,52	69,23	Rajiformes	3,7	7,64	3,51	65,47
Serranidae	3,7	5,38	3,13	72,36	<i>Odontesthes regia</i>	4,0	7,19	3,35	68,83
<i>Katsuwonus pelamis</i>	4,4	6,13	3,12	75,48	Mollusca	3,2	6,92	3,14	71,96
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	6,48	2,93	78,41	<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	6,44	3	74,96
<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	5,39	2,91	81,32	<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	6,29	2,99	77,95
<i>Sardinops sagax</i>	2,8	5,41	2,79	84,1	<i>Katsuwonus pelamis</i>	4,4	5,98	2,61	80,56
<i>Cilus gilberti</i>	3,7	4,46	2,66	86,77	Gastropoda	2,1	5,38	2,51	83,07
<i>Thunnus albacares</i>	4,5	4,01	2,26	89,03	<i>Cilus gilberti</i>	3,7	4,96	2,38	85,45
Pleuronectiformes	4,0	3,56	2,12	91,15	Serranidae	3,7	4,96	2,3	87,75
					<i>Thunnus albacares</i>	4,5	5,42	2,29	90,04

Tabla 13 (continuación) Cuadro de la rutina SIMPER del índice Bray-Curtis. Se detallan los valores del promedio de captura por especie (Av. Abund), porcentaje de contribución (Contrib. %) y porcentaje acumulado (Cum. %) por grupo temporal.

Group v (1969 - 1972)				
Average similarity: 93.65				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	16,19	6,5	6,5
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	11,31	4,6	11,1
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	10,33	4,11	15,21
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	9,96	3,99	19,19
<i>Aulacomya atra</i>	2,0	9,55	3,87	23,07
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	9,28	3,76	26,83
Seriotelella	3,5	9,42	3,75	30,57
<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	9,18	3,58	34,15
Sciaenidae	3,0	8,77	3,55	37,7
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	8,73	3,5	41,2
<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	8,54	3,46	44,66
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	8,14	3,27	47,93
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	8,13	3,21	51,14
Rajiformes	3,7	7,99	3,1	54,25
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	7,76	2,97	57,21
<i>Sardinops sagax</i>	2,8	7,9	2,9	60,11
<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	7,39	2,89	63
Malacanthidae	3,0	7,26	2,86	65,86
Gastropoda	2,1	6,91	2,67	68,53
<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	6,64	2,65	71,18
Mollusca	3,2	6,58	2,6	73,78
Bivalvia	2,0	6,3	2,43	76,21
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,7	5,78	2,28	78,49
<i>Cilus gilberti</i>	3,7	5,58	2,25	80,74
Serranidae	3,7	5,41	2,15	82,89
<i>Dosidicus gigas</i>	3,2	5,79	2,08	84,97
<i>Katsuwonus pelamis</i>	4,4	5,2	2,02	86,99
<i>Xiphias gladius</i>	4,5	5,32	1,92	88,91
<i>Thunnus albacares</i>	4,5	5,06	1,88	90,79

Group vi (1973 - 1983)				
Average similarity: 92.23				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	14,17	4,94	4,94
<i>Sardinops sagax</i>	2,8	13,4	4,58	9,52
<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	11,71	4,05	13,57
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	11,45	3,95	17,53
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	10,96	3,84	21,37
<i>Aulacomya atra</i>	2,0	9,7	3,46	24,83
Seriotelella	3,5	9,72	3,38	28,21
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	9,48	3,32	31,53
Sciaenidae	3,0	9,3	3,28	34,81
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	9,25	3,22	38,04
<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	8,98	3,21	41,25
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	9,16	3,13	44,39
<i>Prionotus stephanophrys</i>	3,5	8,81	3	47,38
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	8,48	2,99	50,38
Gastropoda	2,1	8,22	2,9	53,28
Mollusca	3,2	8,13	2,89	56,17
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	8,11	2,86	59,03
Rajiformes	3,7	7,95	2,79	61,82
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	8,3	2,77	64,59
Scombridae	4,5	8,13	2,73	67,32
Bivalvia	2,0	7,55	2,63	69,95
<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	7,63	2,61	72,56
Malacanthidae	3,0	7,37	2,56	75,12
<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	7,03	2,41	77,53
Elasmobranchii	3,7	6,46	2,1	79,63
<i>Cilus gilberti</i>	3,7	5,64	1,99	81,62
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,7	5,56	1,94	83,56
<i>Coryphaena hippurus</i>	4,4	6,26	1,87	85,43
<i>Thunnus albacares</i>	4,5	6,13	1,87	87,3
Serranidae	3,7	5,63	1,82	89,12
Pleuronectiformes	4,0	4,73	1,66	90,79

Group vii (1984 - 1989)				
Average similarity: 93.43				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Sardinops sagax</i>	2,8	15,02	5,7	5,7
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	13,96	4,95	10,65
<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	11,68	4,34	14,99
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	10,8	4,02	19,01
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	10,67	3,9	22,9
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	10,25	3,86	26,77
Seriotelella	3,5	10,08	3,68	30,45
<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	9,62	3,58	34,04
<i>Aulacomya atra</i>	2,0	9,4	3,53	37,57
Mollusca	3,2	9,4	3,53	41,09
Sciaenidae	3,0	9,28	3,46	44,55
Gastropoda	2,1	9,26	3,46	48,01
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	9,62	3,43	51,44
Rajiformes	3,7	9,11	3,42	54,86
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	8,87	3,33	58,19
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	8,84	3,33	61,52
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	7,94	2,9	64,42
Elasmobranchii	3,7	7,53	2,81	67,22
<i>Argopecten purpuratus</i>	2,1	8,55	2,8	70,02
<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	7,46	2,77	72,79
<i>Prionotus stephanophrys</i>	3,5	7,48	2,62	75,41
Bivalvia	2,0	7,34	2,5	77,91
<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	6,84	2,46	80,37
Malacanthidae	3,0	6,38	2,33	82,7
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,7	6,19	2,32	85,02
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	7,1	2,09	87,11
<i>Coryphaena hippurus</i>	4,4	6,6	2,08	89,19
Serranidae	3,7	5,26	1,91	91,1

Group viii (1990 - 2001)				
Average similarity: 92.31				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	15,69	5,44	5,44
<i>Sardinops sagax</i>	2,8	13,89	4,68	10,13
<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	12,72	4,37	14,5
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	11,7	4,02	18,52
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	11,44	3,82	22,34
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	10,11	3,5	25,84
<i>Dosidicus gigas</i>	3,2	10,7	3,47	29,31
<i>Aulacomya atra</i>	2,0	9,51	3,27	32,58
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	9,33	3,14	35,72
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	8,97	3,07	38,79
<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	8,83	3,06	41,85
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	9,5	3,06	44,92
Sciaenidae	3,0	8,78	3,02	47,94
Gastropoda	2,1	8,49	2,94	50,87
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	8,36	2,88	53,76
<i>Argopecten purpuratus</i>	2,1	8,65	2,84	56,6
Seriotelella	3,5	8,31	2,72	59,32
Rajiformes	3,7	7,93	2,72	62,04
<i>Concholepas concholepas</i>	2,1	8,13	2,72	64,75
<i>Coryphaena hippurus</i>	4,4	8,46	2,71	67,46
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	8,21	2,65	70,1
<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	7,64	2,56	72,66
Elasmobranchii	3,7	7,67	2,55	75,21
<i>Prionotus stephanophrys</i>	3,5	8,54	2,53	77,74
Mollusca	3,2	7,68	2,52	80,26
Bivalvia	2,0	6,86	2,25	82,51
<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	6,62	2,17	84,67
Haemulidae	3,5	6,09	2,05	86,73
Malacanthidae	3,0	6,19	1,98	88,71
<i>Anchoa nasus</i>	3,5	8,33	1,93	90,64

Tabla 13 (continuación) Cuadro de la rutina SIMPER. Se detallan los valores del promedio de captura por especie (Av. Abund), porcentaje de contribución (Contrib. %) y porcentaje acumulado (Cum. %) por grupo temporal.

Group ix (2002 - 2008)					Group x (2009 - 2013)				
Average similarity: 93.47					Average similarity: 93.79				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum. %	Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum. %
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	15,97	5,49	5,49	<i>Engraulis ringens</i>	2,9	15,56	5,21	5,21
<i>Dosidicus gigas</i>	3,2	12,82	4,34	9,83	<i>Dosidicus gigas</i>	3,2	13,2	4,45	9,66
<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	12,34	4,2	14,04	<i>Coryphaena hippurus</i>	4,4	11,12	3,74	13,4
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	11,33	3,85	17,88	<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	11,62	3,73	17,14
<i>Coryphaena hippurus</i>	4,4	10,78	3,71	21,59	<i>Argopecten purpuratus</i>	2,1	11,24	3,7	20,83
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	10,44	3,52	25,11	<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	10,85	3,64	24,47
<i>Argopecten purpuratus</i>	2,1	9,97	3,39	28,5	<i>Scomber japonicus</i>	3,4	10,91	3,56	28,03
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	9,61	3,3	31,8	<i>Mugil cephalus</i>	2,5	9,94	3,32	31,35
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	9,67	3,24	35,04	<i>Coryphaena</i>	4,2	9,97	3,26	34,61
<i>Aulacomya atra</i>	2,0	9,47	3,22	38,26	<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	10,15	3,22	37,83
Sciaenidae	3,0	9,14	3,12	41,38	Sciaenidae	3,0	9,47	3,19	41,03
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	9,12	3,09	44,47	<i>Odontesthes regia</i>	4,0	9,48	3,17	44,19
Mollusca	3,2	8,91	3,02	47,49	<i>Aulacomya atra</i>	2,0	9,44	3,17	47,36
<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	8,48	2,86	50,36	<i>Cynoscion analis</i>	4,1	8,45	2,82	50,18
Gastropoda	2,1	8,32	2,84	53,2	<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	8,67	2,81	52,99
Elasmobranchii	3,7	8,41	2,84	56,03	Mollusca	3,2	8,52	2,8	55,79
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	8,71	2,73	58,76	Gastropoda	2,1	8,22	2,75	58,54
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	8,1	2,71	61,47	Elasmobranchii	3,7	8,26	2,75	61,29
<i>Concholepas concholepas</i>	2,1	7,87	2,6	64,07	<i>Isacia conceptionis</i>	2,9	8,33	2,73	64,01
<i>Paralonchurus peruanus</i>	2,2	7,53	2,53	66,6	<i>Prionotus stephanophrys</i>	3,5	8,15	2,62	66,63
Bivalvia	2,0	7,61	2,5	69,1	<i>Paralonchurus peruanus</i>	2,2	7,57	2,51	71,67
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	7,36	2,49	71,59	Rajiformes	3,7	7,4	2,44	74,11
Rajiformes	3,7	7,37	2,46	74,05	<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	7,38	2,41	76,52
Seriotelella	3,5	7,22	2,34	76,39	<i>Concholepas concholepas</i>	2,1	7,17	2,27	78,79
Malacanthidae	3,0	6,77	2,22	78,6	<i>Katsuwonus pelamis</i>	4,4	6,87	2,22	81,01
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,7	6,3	2,11	80,72	Bivalvia	2,0	6,82	2,21	83,22
<i>Prionotus stephanophrys</i>	3,5	6,12	1,89	82,61	<i>Thunnus albacares</i>	4,5	6,85	2,16	85,38
<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	5,57	1,84	84,45	Seriotelella	3,5	6,62	2,15	87,53
<i>Coryphaena</i>	4,2	6,09	1,81	86,26	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,7	5,99	2	89,53
Scombridae	4,5	5,55	1,78	88,04	<i>Thunnus obesus</i>	4,5	5,67	1,79	91,32
<i>Thunnus albacares</i>	4,5	5,39	1,76	89,8					
<i>Katsuwonus pelamis</i>	4,4	5,34	1,67	91,47					

Group xi
Less than 2 samples in group

Según los resultados de la rutina SIMPER con la base de datos de capturas reconstruidas *Sea Around Us*, estandarizadas y analizadas con el índice de distancia euclidiana, el **grupo a** (1950-1956) contó con un promedio de similitud del 84,93 %. Las especies que más contribuyeron porcentualmente fueron el bonito (*Sarda chiliensis*) (Nt = 4,50), la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Nt = 2,90), la anchoveta (*Ethmidium maculatum*) (Nt = 2,10), y la familia Sciaenidae (p.e. la corvina) (Nt = 3,00) según la rutina SIMPER (**Tabla 16**). El grupo funcional de los pelágicos de talla mediana fue la categoría de mayor contribución (45,93 %), seguida por los recursos pelágicos de tamaño pequeña (35,71 %) y los recursos demersales medianos (13,14%) (**Tabla 10**). Para sustentar la pesquería de este periodo se requirió una productividad primaria de 209,27 gCm⁻²year⁻¹, distribuyéndose principalmente entre los pelágicos medianos (96,11 gCm⁻²year⁻¹) y los pelágicos pequeños (74,73 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

El **grupo b** (1957-1976, 1993-2014) presentó una similaridad promedio de 73,99 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de capturas reconstruidas fueron la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Nt = 2,90), el jurel (*Trachurus murphyi*) (Nt = 3,30), la caballa (*Scomber japonicus*) (Nt = 3,40), el bonito (*Sarda chiliensi*) (Nt = 4,50) y la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) (Nt = 4,30) (**Tabla 16**). El grupo funcional de pelágicos de talla pequeña fue la categoría de especies que más contribuyó (88,53 %), seguido recursos del mismo hábitat de talla media (6,35 %). Los demás grupos funcionales no contaron con más del 2% de contribución (**Tabla 10**). Para sustentar la pesquería de los recursos hidrobiológicos de este periodo se requirió una productividad primaria de 65.434,84 gCm⁻²year⁻¹, distribuyéndose principalmente entre los pelágicos pequeños (57.929,40 gCm⁻²year⁻¹) y los pelágicos pequeños (4.153,36 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

El **grupo c** (1983-1985) presentó una similaridad promedio de 83,91 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de captura de este periodo fueron la sardina (*Sardinops*

sagax) (Nt = 2,80), el jurel (*Trachurus murphyi*) (Nt = 3,30), la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Nt = 2,90), la caballa (*Scomber japonicus*) (Nt = 3,40) y la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) (Nt = 2,1) (**Tabla 16**). El grupo funcional pelágicos de talla pequeña fue la categoría de especies que más contribuyó (84,29 %), seguido de los recursos del mismo hábitat de talla media (9,47 %) (**Tabla 10**). Para sustentar la pesquería de este periodo se requirió una productividad primaria de 2.038,87 gCm⁻²year⁻¹, distribuyéndose principalmente entre los pelágicos medianos (1.718,59 gCm⁻²year⁻¹) y los pelágicos pequeños (193,05 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

El **grupo d** (1977-1982, 1986-1992) contó con una similaridad promedio de 81,85 %. Las especies que más contribuyeron en la composición de capturas reconstruidas fueron la sardina (*Sardinops sagax*) (Nt = 2,80), la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Nt = 2,90), el jurel (*Trachurus murphyi*) (Nt = 3,30), la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) (Nt = 4,30), la caballa (*Scomber japonicus*) (Nt = 3,40) y la lisa (*Mugil cephalus*) (Nt = 2,5) (**Tabla 16**). El grupo funcional de los pelágicos de talla mediana fue la categoría de especies que más contribuyó (49,64 %) seguido de los recursos del mismo hábitat de talla pequeña (44,31 %) (**Tabla 10**). Para sustentar la pesquería de los recursos hidrobiológicos de este periodo se requirió una productividad primaria de 14.004,91 gCm⁻²year⁻¹, distribuyéndose principalmente entre los pelágicos medianos (6.951,55 gCm⁻²year⁻¹) y los pelágicos pequeños (6.206,07 gCm⁻²year⁻¹) (**Tabla 12**).

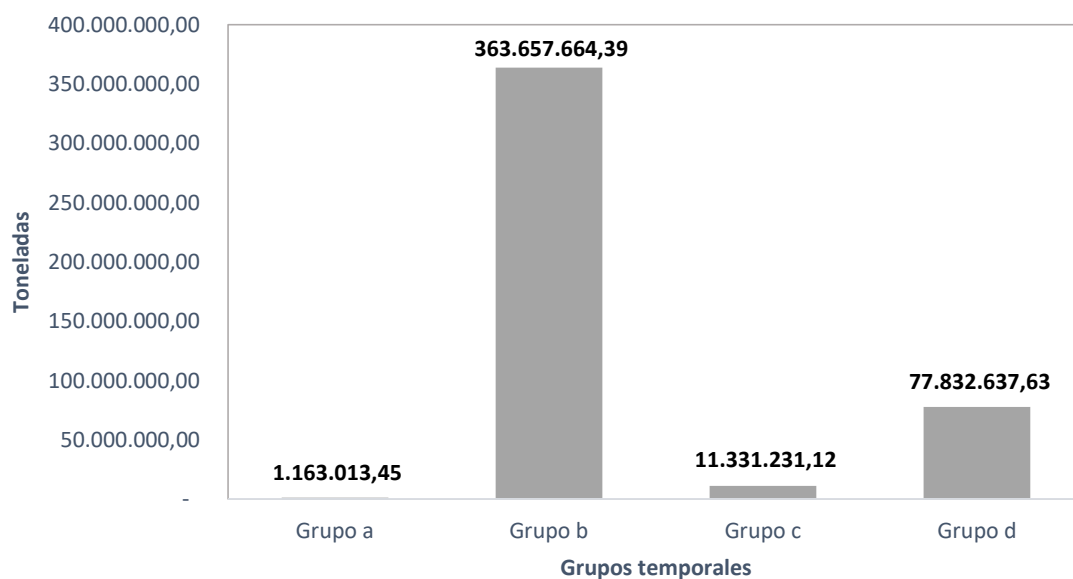


Figura 41 Captura en toneladas distribuidas por grupos temporales, base de datos de capturas reconstruidas *Sea Around Us*, estandarizada. Los grupos temporales según la distribución nMDS fueron: Grupo a (1950-1956), Grupo b (1957-1976, 1993-2014), Grupo c (1983 – 1985) y Grupo d (1977-1982, 1986-1992).

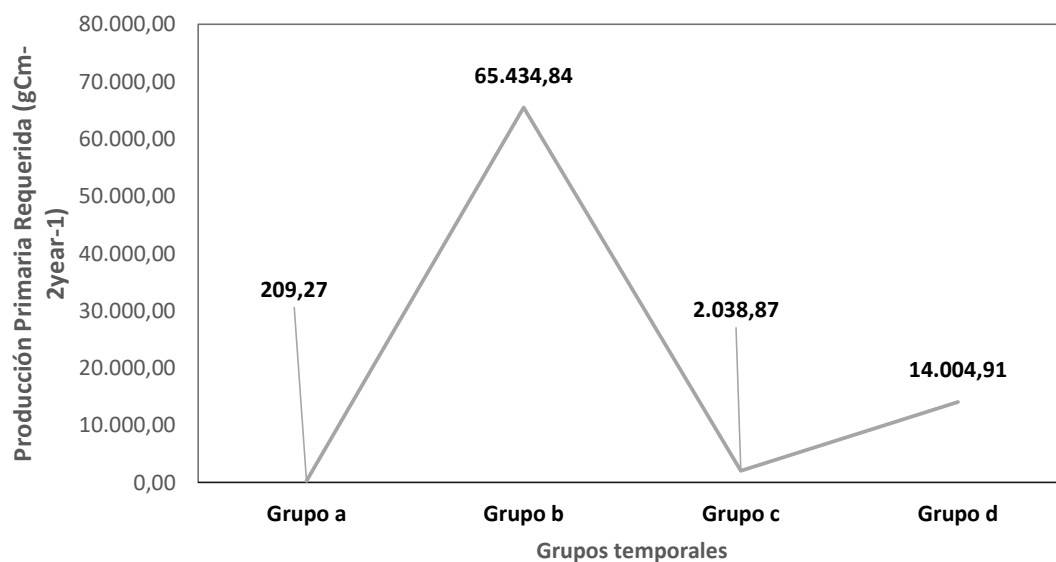


Figura 42 Producción Primaria Requerida por grupos temporales, base de datos de capturas reconstruidas *Sea Around Us*, estandarizados y analizados con el índice de distancia euclidiana

Tabla 14 Captura reconstruida por grupo funcional según grupo temporal – índice distancia euclidiana.

Grupo funcional	captura reconstruida (t)			
	Grupo a	Grupo b	Grupo c	Grupo d
Demersales medianos	152.762,35	4.768.918,76	318.164,34	1.539.559,18
Condrictios grandes	5.173,84	183.181,60	23.027,92	96.777,93
Pequeños a medianos peces planos	211,68	6.860,95	181,44	903,17
Peces medianos asociados a la orilla	1.212,76	15.932,01	666,16	6.150,25
Bentopelágicos medianos	39.730,84	563.903,86	52.583,88	429.928,49
Pelágicos pequeños	415.301,00	321.942.647,15	1.072.895,55	34.490.260,14
Pelágicos grandes	7.506,16	1.174.537,69	23.931,20	79.852,89
Pelágicos medianos	534.142,61	23.082.323,18	9.551.062,51	38.634.718,17
Bentopelágicos grandes	3.184,01	568.825,20	74.015,93	302.540,65
Moluscos	313,70	7.201.221,52	21.860,69	346.719,71
Otros invertebrados bentónicos	3.402,64	1.473.873,73	148.516,79	413.976,38
Batidemersales medianos	83,18	2.660.996,37	44.126,24	1.490.904,85
Demersales grandes	0,00	10.924,20	0,00	0,00
Captura total	1.163.013,45	363.657.664,39	11.331.231,12	77.832.637,63

Tabla 15 Producción primaria requerida (gCm-2año-1) para sustentar las pesquerías de cada grupo funcional en cada grupo temporal (pelágicos, demersales, bentopelágicos, batidemersales, crustáceos, moluscos, otros invertebrados bentónicos)

Grupo funcional	Producción Primaria Requerida gCm-2year-1			
	Grupo a	Grupo b	Grupo c	Grupo d
Demersales medianos	27,49	858,11	57,25	277,02
Condrictios grandes	0,93	32,96	4,15	17,41
Pequeños a medianos peces planos	0,04	1,23	0,03	0,16
Peces medianos asociados a la orilla	0,22	2,87	0,12	1,11
Bentopelágicos medianos	7,15	101,47	9,46	77,36
Pelágicos pequeños	74,73	57.929,40	193,05	6.206,07
Pelágicos grandes	1,35	211,34	4,31	14,37
Pelágicos medianos	96,11	4.153,36	1.718,59	6.951,82
Bentopelágicos grandes	0,57	102,35	13,32	54,44
Moluscos	0,06	1.295,77	3,93	62,39
Otros invertebrados bentónicos	0,61	265,20	26,72	74,49
Batidemersales medianos	0,01	478,81	7,94	268,27
Captura total	209,27	65.434,84	2.038,87	14.004,91

Tabla 16 Cuadro de la rutina SIMPER. Se detallan los valores del promedio de captura por especie (Av. Abund), porcentaje de contribución (Contrib. %) y porcentaje acumulado (Cum. %) por grupo temporal. El porcentaje de similitud osciló entre el 73.99% y el 84. 93%. Los grupos analizados fueron: Grupo a (1950-1956), Grupo b (1957-1976; 1993-2014), Grupo c (1983-1985), Grupo d (1977-1982; 1986-1992).

Group a (1950-1956)					Group c (1983-1985)				
Average similarity: 84.93					Average similarity: 83.91				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum. %	Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	6,75	24,66	24,66	<i>Sardinops sagax</i>	2,8	8,84	39,25	39,25
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	4,21	11,8	36,47	<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	2,03	7,85	47,1
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	3,15	11,31	47,77	<i>Engraulis ringens</i>	2,9	2,49	5,96	53,06
Sciaenidae	3,0	1,81	5,92	63,59	<i>Scomber japonicus</i>	3,4	1,32	5,39	63,91
Seriola	3,5	1,34	4,59	68,18	<i>Argopecten purpuratus</i>	2,1	0,92	3,54	67,45
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	1,37	4,46	72,65	<i>Mugil cephalus</i>	2,5	0,86	3,22	70,68
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	1,12	4,01	76,65	<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	0,62	2,7	73,38
Malacanthidae	3,0	0,9	2,98	79,63	Sciaenidae	3,0	0,53	2,33	75,71
<i>Scomberomorus sierra</i>	4,5	0,65	2,22	81,85	<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	0,61	2,27	77,99
Rajiformes	3,7	0,67	2,2	84,05	Seriola	3,5	0,47	1,93	79,92
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	0,67	2,08	86,13	Mollusca	3,2	0,44	1,93	81,85
<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	0,53	1,72	87,85	<i>Aulacomya atra</i>	2,0	0,51	1,92	83,77
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	0,66	1,7	89,55	<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	0,67	1,91	85,68
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	0,51	1,69	91,24	<i>Cynoscion analis</i>	4,1	0,49	1,88	87,56
					<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	0,43	1,82	89,38
					Rajiformes	3,7	0,42	1,7	91,08

Group b (1957-1976; 1993-2014)					Group d (1977-1982; 1986-1992)				
Average similarity: 73.99					Average similarity: 81.85				
Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum. %	Species	NT	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Engraulis ringens</i>	2,9	9,30	58,33	58,33	<i>Sardinops sagax</i>	2,8	6,59	27,72	27,72
<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	1,07	3,51	66,44	<i>Engraulis ringens</i>	2,9	6,29	26,15	53,87
<i>Scomber japonicus</i>	3,4	0,84	3,37	69,81	<i>Trachurus murphyi</i>	3,3	1,92	6,04	59,91
<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	0,84	3,12	72,93	<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	1,42	4,64	69,4
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	4,3	0,71	2,29	75,22	<i>Scomber japonicus</i>	3,4	1,16	3,48	72,88
<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	0,47	2,08	77,29	<i>Mugil cephalus</i>	2,5	0,65	2,51	75,39
<i>Dosidicus gigas</i>	3,2	0,97	1,94	79,24	<i>Sarda chiliensis</i>	4,5	0,55	2,11	77,5
Sciaenidae	3,0	0,37	1,67	80,91	Seriola	3,5	0,64	2,1	79,59
<i>Aulacomya atra</i>	2,0	0,36	1,65	82,56	<i>Aulacomya atra</i>	2,0	0,55	2,02	81,61
<i>Sardinops sagax</i>	2,8	0,84	1,63	84,19	<i>Paralanchurus peruanus</i>	2,2	0,42	1,66	83,27
<i>Mugil cephalus</i>	2,5	0,37	1,63	85,82	Sciaenidae	3,0	0,43	1,52	84,8
<i>Cynoscion analis</i>	4,1	0,29	1,34	87,17	Gastropoda	2,1	0,35	1,34	86,14
<i>Odontesthes regia</i>	4,0	0,29	1,27	88,44	<i>Ethmidium maculatum</i>	2,1	0,42	1,25	87,4
<i>Paralabrax humeralis</i>	4,1	0,26	1,15	89,59	<i>Cynoscion analis</i>	4,1	0,32	1,2	88,59
Seriola	3,5	0,28	1,13	90,72	Mollusca	3,2	0,32	1,16	89,75
					Rajiformes	3,7	0,3	1,14	90,89

8. Discusión

Actualmente existen dos fuentes de datos de desembarques y capturas globales: la base de datos de los desembarques reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la base de datos de capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us* (SAU). El análisis y comparación de estos datos brindó la posibilidad de explorar la composición de las especies extraídas, según el punto de vista de instituciones gubernamentales y proyectos de investigación enfocados a la conservación (*Sea Around Us*). FAO no cuenta con datos que clasifiquen correctamente las especies desembarcadas, debido a que la data deriva originalmente de informes provistos de instituciones públicas que no siempre cuentan con información precisa y detallada. De modo que los desembarques reportados son generalmente un pobre indicador del estado de las poblaciones (Pauly y Watson, 2004; Essington *et al.*, 2006). Por otra parte, el proyecto SAU trabaja continuamente en la mejora de los datos reconstruidos de capturas, detallando no solo taxonomía, sino también tipo de sector pesquero, grupo funcional, grupo comercial, tipos de capturas, estado de reporte y valor monetario. Sin embargo, a pesar de que esta base es mucho más completa, en ambos casos se tuvo que realizar el cruce de información con el listado de especies marinas reportadas en el Perú de *Fishbase* y *SeaLifeBase* para poder calcular el promedio de los niveles tróficos de agrupaciones por orden y familia, por lo que calidad de estos datos de FAO y *Sea Around Us* debe ser mejorada.

Los sistemas *FishBase* (peces óseos y cartilaginosos) y *SeaLifeBase* (crustáceos y moluscos) cuentan con una amplia gama de información: taxonomía, biología, ecología trófica, historia biológica y usos comerciales. Para el presente trabajo se usaron los niveles tróficos publicados en el portal web *Fishbase* y *SeaLifeBase* estimados según la composición de la dieta (conteo por ítem presa) (Pauly y Watson, 2004). Cabe mencionar que es importante

comparar los niveles tróficos publicados en el portal con investigaciones relacionadas al análisis de la trama trófica. Branch (2015) reportó cambios en el nivel trófico del recurso bacalao del Atlántico que pasó de 4,42 en el 2010 a 3,73 en el 2011, 4,42 en el 2012-2013, y cambió de nuevo a 4,09 en el 2014. Por otro lado, diversos investigadores como Espinoza (2010) recomiendan realizar análisis de isotopos para el cálculo de niveles tróficos, lo cual sería óptimo para la estimación de los mismos. Sin embargo, es preciso emplear dicha metodología con todas las especies reportadas en el SNCH para así contar con información basada en una metodología estándar.

Al evaluar estos índices en la base de datos de desembarque reportados de FAO, se pudo evidenciar una tendencia en declive del índice Nivel trófico medio (Ntm) y Nivel trófico medio de corte (CorteNtm). Sin embargo, el índice Pesquería en Balance (PB) no reportó un descenso pronunciado ($PB > 0$), aunque sí se apreciaron oscilaciones y depresiones marcadas en algunos eventos El Niño. A pesar de eso, la variación de transferencia de energía en la trama trófica no llegó en ningún momento a valores negativos, que caracterizaría un ecosistema marino con proceso *fishing down marine food web*.

Aprovechando la clasificación de la base de datos de capturas reconstruidas de *Sea Around Us*, (Wosnitza y Mendo, 2014) en subsectores pesqueros (subsistencia, artesanal e industrial) se tomó en cuenta lo sugerido por Branch (2015) quien mencionó que, para evaluar fehacientemente el efecto de las pesquerías en las redes alimenticias marinas, primero se deben proponer hipótesis plausibles, luego examinar las pruebas para cada una y tomar en cuenta que posiblemente los procesos no son excluyentes. Se procedió por ello, a aprovechar la clasificación en subsectores pesqueros para evaluar los efectos de la pesquería según la distancia a la costa. La pesca de subsistencia, al ser una pesquería de muy escaso desarrollo y alcance, se encontraría necesariamente cercana a la costa y actuaría, por lo general, sobre

organismos de bajo nivel trófico (Kleisner y Pauly, 2014). En el proceso de reconstrucción de la data de los recursos extraídos por este subsector (base de datos *Sea Around Us* de Wosnitza y Mendo (2014)), la pesca de subsistencia fue considerada por los autores como la parte de la pesca artesanal que consumía cada pescador y su familia. Por otro lado, la pesquería artesanal fue considerada como una pesquería a pequeña escala que utilizaría técnicas tradicionales con escaso desarrollo tecnológico y, por lo tanto, contaría con un mayor alcance que la pesquería de subsistencia¹⁰. Finalmente, la flota industrial fue considerada por los autores como una pesquería de mayor alcance, con embarcaciones que podrían navegar incluso en aguas internacionales.

Tomando en cuenta que las capturas de la **pesca de subsistencia** fueron estructuradas en base a estimaciones, es preciso mencionar que el resultado del análisis de este subsector no refleja la verdadera situación de la pesca de subsistencia en el Perú y su efecto sobre la trama trófica. Esto se evidencia al analizar la contribución de los recursos en las capturas reconstruidas, con una elevada contribución porcentual de bonito (*Sarda chiliensis*) y machete (*Ethmidium maculatum*) entre 1950 a 1972. Si bien el bonito (*S. chiliensis*) (NT = 4,5) cuenta normalmente con un hábitat oceánico, es un recurso accesible a la pesquería de pequeña escala solo en años en los que la masa oceánica cálida ingresa hasta la costa (Collette *et al.*, 2011). En este sentido, las presentes capturas no fueron un buen indicador de la situación de la pesquería de subsistencia. A pesar de ello, se procedió a analizar la tendencia de los indicadores trofodinámicos de este subsector, observándose una tendencia en declive del Ntm

¹⁰ Se le reporta por lo general hasta por 12 millas alejados de la costa. Adicionalmente a eso, es preciso mencionar que, a partir de la implementación del Decreto Supremo 011-2013-PRODUCE se acuñó el término de pesca de menor escala que clasifican a embarcaciones con capacidades de bodega menores a 32 m³ pero que cuya capacidad de navegación puede llegar a las 600 millas (Medicina, 2014).

y valores del indicador PB muy cercanos a 0, reportando valores negativos solo en 1973 y 1980¹¹. En este año, Miranda (2016) menciona que la industria de harina de pescado empleó nuevos recursos para su elaboración ante la escasez de la anchoveta debido a El Niño 1972 y a la sobrepesca: el ayanque (perteneciente a la familia Sciaenidae, NT=3), la caballa (*Scomber japonicus*, NT= 3,4), la merluza (*Merluccius gayi peruanus*, NT=4,3) y la sardina (*Sardinops sagax*, NT=2,8). La mayoría de estos nuevos recursos contaban con NT elevado. Adicionalmente a ello, la demanda de éstos aumentaría ante el nuevo enfoque del gobierno que buscó mejorar la alimentación a nivel nacional por medio de programas que incentivaban el consumo de pescado. Por lo tanto, el valor negativo del índice PB en 1973 estaría posiblemente relacionado a los efectos combinados de El Niño 1972, al elevado esfuerzo pesquero y al contexto socioeconómico que giraba en una pesquería con una extracción excesiva de recursos con elevado NT. Sin embargo, debido a que los reportes de capturas del subsector de pesca de subsistencia no son representativos, es preciso realizar nuevas recopilaciones de datos para una mejor evaluación y discusión.

Continuando con el análisis, al evaluar los indicadores trofodinámicos del **subsector artesanal**, se observó una tendencia en declive en el Ntm anual muy marcada, pero no se reportaron valores negativos del índice PB. La misma tendencia en declive del Ntm se evidencia en el **subsector industrial** sin reportar valores negativos en la tendencia del indicador PB. Como se menciona en Branch (2015), el declive del Ntm podría ser relacionado a dos escenarios diferentes: un escenario en el cual los recursos de bajo nivel trófico aumentan con el tiempo, mientras que los recursos de nivel trófico altos permanecen o

¹¹ Cuando los valores del índice PB son cercanos a 0 el ecosistema no muestra desequilibrio en la transferencia de energía entre un nivel trófico a otro y que por lo tanto la pesquería no estaría afectando la trama trófica del ecosistema. Por otro lado, los valores negativos describen un desequilibrio ecosistémico relacionado al desbalance pronunciado de la transferencia de energía debido a la pérdida de la biomasa en el ecosistema.

disminuyen débilmente (*fishing down marine food webs*), y otro escenario en el cual tanto los recursos de bajo nivel trófico como los carnívoros de nivel alto aumentan (proceso *fishing through marine food webs*).

Buscando mejores resultados del análisis multivariado, se efectuaron dos tipos de rutinas con la base de datos de capturas *Sea Around Us*: la transformación de los datos mediante logaritmo ($x+1$) y la estandarización. Cada una de estas bases de datos fueron evaluadas mediante dos tipos diferentes de índices: índice de Bray-Curtis e índice de distancia euclidiana respectivamente, dos rutinas empleadas comúnmente en investigaciones en el ámbito marino. Es importante mencionar que ambos resultados son sumamente importantes en el análisis del ecosistema; sin embargo, es preciso establecer el fin del análisis y lo que se pretende evidenciar. Mientras que la transformación logarítmica permite observar la presencia de los recursos poco explotados y su interacción con los recursos fuertemente explotados, disminuyendo significativamente la dominancia de recursos dominantes (como el bonito en la primera parte del periodo estudiado, la anchoveta durante el boom de la industria pesquera y la sardina durante su periodo de recuperación), la estandarización no permite observar esto fácilmente; aunque sí es recomendable su uso para buscar correlaciones entre los recursos explotados y las variables oceanográficas como es empleado en Espino (2014).

Al explorar la distribución espacial de la rutina nMDS y el agrupamiento de similaridad *Cluster* en la base de datos de capturas reconstruidas *Sea Around Us*, fue posible contar con dos propuestas: la conformación de 11 grupos temporales con similaridad mayor a 90%, sustentado por el índice de similaridad Bray-Curtis, y la conformación de 4 grupos temporales con distancia 38 según índice de distancia euclidiana. Ambas propuestas explicaron exitosamente la distribución bidimensional y tridimensional de los datos; sin embargo, a pesar que los valores en estas rutinas fueron óptimos en la base de datos analizados con distancia

euclidiana, no fue posible apreciar la dinámica de las capturas en los cuatro grupos temporales debido a la marcada dominancia de los recursos plenamente explotados como el bonito (*Sarda chiliensis*), la sardina (*Sardinops sagax*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*). En el Análisis de Componentes Principales (ACP) de la base de datos de capturas analizadas por índice de distancia euclidiana es muy similar al gráfico obtenido por Espino (2014). Cabe destacar que al evaluar la influencia de los años sobre los recursos marinos, la dominancia de los recursos *Sarda chiliensis*, *Sardinops sagax* y *Engraulis ringens*, no permitieron observar la influencia de los recursos poco explotados en la conformación de los grupos temporales, relegando a la mayoría a un segundo plano. Mientras que en el ACP de la base de datos de capturas del índice Bray-Curtis, la dominancia de los recursos más explotados fue reducida, pudiéndose distinguir la relación de la mayoría de los recursos con los grupos temporales propuestos y generándose, por lo tanto, una mayor cantidad de agrupaciones debido a la gran diversidad de recursos explotados por la pesquería nacional.

En el análisis SIMPER de Bray-Curtis, recursos con NT > 3,51 que contribuyeron de manera significativa hasta mediados de los 60' (*Sarda chiliensis*, *Thunnus albacares* y *Xiphias gladius*) disminuyeron su presencia con el tiempo, mientras que otras como el perico (*Coryphaena hippurus*) y la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) aparecieron y fueron aumentando en su contribución. La aparición paulatina de grandes predadores a comienzos del 2000 coincide con el informe técnico elaborado por Solano-Sare *et al.* (2008), quienes reportaron que el aumento del desembarque de perico (*Coryphaena hippurus*) en la última década fue debido al ingreso de aguas oceánicas hacia la costa por El Niño 1997-1998, lo cual aumentó su accesibilidad a la flota artesanal.

Al analizar en su totalidad la base de datos de capturas reconstruidas según grupos funcionales en gráficos de áreas, se apreció un aumento tanto de recursos de nivel trófico alto

(depredadores) como de recursos de nivel trófico bajo (también llamados recursos presa), lo cual describiría la ocurrencia del proceso *fishing through marine food webs* propuesto por Essington *et al.* (2006), quienes afirmaron que en la mayoría de los ecosistemas marinos se da un proceso de adición paulatina de nuevas pesquerías. Sin embargo, si bien los grupos funcionales se mantienen estables o aumentan, esto no garantizaría la estabilidad de la trama trófica del ecosistema marino peruano debido a que se evalúan grupos de especies que encajan en los grupos funcionales mencionados.

Es importante mencionar que la política de Estado a comienzos de los 50' pudo haber influido en los objetivos de la pesquería de la época. Debido a la Segunda Guerra Mundial, algunas empresas norteamericanas se abastecieron principalmente de conservas y aceite de hígado de pescado de parte de Perú para abastecer a las tropas (Miranda, 2016). La demanda por parte de los Estados Unidos de conservas y congelados de especies predadoras (atún, bonito y barrilete) se incrementó notablemente en esa época. Asimismo, es importante tomar en cuenta la interferencia de la Compañía Administradora del Guano que evitó la extracción de anchoveta a comienzos de los 50', alimento de las aves guaneras (Maldonado y Puertas, 2011). Por lo mismo, es posible mencionar que este contexto socioeconómico ha sido una de las influencias principales para el comienzo de la extracción de recursos predadores por parte de la industria pesquera, en lugar de la anchoveta o cualquier otro recurso presa, que estaba destinado para el insumo de aves guaneras (guanay y piquero).

Finalmente, cabe mencionar que la anchoveta (*Engraulis ringens*) destacó durante todo el periodo estudiado con una importante contribución porcentual, exceptuando en los comienzos de la industria pesquera en el cual destacaba el bonito como recurso estrella. Otras especies como el jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus*) y los moluscos *Dosidicus gigas* y *Argopecten purpuratus* aumentaron en sus capturas durante los últimos años, lo que

demonstraría la flexibilidad de la pesquería nacional y su capacidad de adaptación frente a variaciones en la disponibilidad de los recursos, políticas públicas, socioeconómicas y/o a la demanda local e internacional.

9. Conclusiones

Este estudio tuvo como objetivo principal analizar la dinámica de las capturas de recursos marinos en el mar peruano mediante indicadores trofodinámicos, durante los años 1950-2014. A pesar de que los reportes de desembarque de FAO fueron posiblemente subvalorados debido a la limitada información disponible de comienzos de los 50', pudo evidenciarse el declive de la tendencia del Nivel trófico medio (Ntm) y nivel trófico medio de corte (CorteNtm) que podría asociarse a un proceso ecosistémico *fishing down marine food web*, mas no se reportaron valores negativos del indicador Pesquería en Balance (PB) que correspondería a este proceso. En la evaluación de la base de datos de las capturas reconstruidas *Sea Around Us* (SAU), también se reportó el declive de la tendencia en los indicadores Ntm y CorteNtm en los tres subsectores: subsistencia, artesanal e industrial. Sin embargo, en la evaluación del indicador PB solo se reportaron dos valores negativos para el subsector subsistencia en 1973 y 1980, asociado al efecto de El Niño de intensidad fuerte y a políticas de estado en el sector pesquero, siendo en los demás subsectores (artesanal e industrial) valores positivos. Este resultado indicaría que hubo un efecto de expansión en los subsectores industrial y artesanal, donde se fueron explotando nuevos recursos marinos que demostraría la flexibilidad de la pesquería nacional y su capacidad de adaptación frente a variaciones de disponibilidad de los recursos (referido específicamente al periodo del colapso de la anchoveta y al desarrollo en simultáneo de nuevas pesquerías como el jurel, la caballa y la pota, entre otros).

Las distribuciones espaciales de las rutinas *Cluster* y nMDS fueron sumamente representativas en las bases de datos de FAO y SAU; ambas distribuciones contaron con un

estrés muy reducido que se traduce a una buena representación gráfica. Ambas rutinas dieron como resultado grupos temporales de capturas con altos niveles de similaridad (90%, Bray-Curtis) y corta distancia (38, distancia euclidiana).

Se sugiere emplear la rutina de transformación logarítmica e índice Bray-Curtis para evaluar la dinámica de las capturas en el tiempo. Por otro lado, se recomienda aplicar la rutina de estandarización y evaluación de la distancia de los datos con el índice de distancia euclidiana para relacionar la disponibilidad de recursos con los patrones de variabilidad oceanográfica.

La rutina SIMPER evidenció la contribución de cada especie por grupo temporal propuesto: los depredadores como el bonito (*Sarda chiliensis*, NT = 4,5), el machete (*Ethmidium maculatum*, NT = 2,1) y la cojinova (*Seriolella* sp., NT = 3,0) contribuyeron de manera significativa a comienzos de los 50', y fueron reduciendo su importancia con el tiempo, siendo reemplazados desde mediados de los 60' por la anchoveta (*Engraulis ringens*, NT = 2,9), la sardina (*Sardinops sagax*, NT = 2,8), el jurel (NT = 3,3), la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*, NT = 2,1) y la pota (*Dosidicus gigas*, NT=3,2). Es posible concluir que estos cambios no solo estarían influenciados por la disponibilidad de los recursos (asociados a la variabilidad oceanográfica de la zona y a la tasa de explotación pesquera) sino también por la demanda nacional e internacional (p.e. la demanda internacional de enlatados y congelados en la década de los 50 y el surgimiento de la industria de harina de pescado), por los factores sociales (p.e. aumento de la mano de obra en el sector pesquero en la década de los 50) y/o por las políticas de estado relacionadas al sector pesquero, por lo que es evidente la urgencia de aplicar indicadores socioeconómicos que permitan realizar un análisis más completo del efecto de la extracción de recursos pesqueros en la trama trófica.

Finalmente, según los indicadores ecosistémicos empleados para la evaluación del efecto de la pesquería en la trama trófica, es posible concluir que diferentes procesos ecosistémicos

(*fishing through, fishing down marine food web* y *fishing profit*) estarían ocurriendo simultáneamente en la zona de estudio aunque en diferentes subsectores pesqueros; según el análisis de los indicadores (PB , Ntm y Corte Ntm) el proceso *fishing through marine food web* estaría ocurriendo aparentemente en el sector pesquero industrial y artesanal (describiendo la adición progresiva de nuevas pesquerías); y el proceso *fishing down marine food web* estaría por ocurrir en el sector pesquero de subsistencia.

10. Recomendaciones

- A pesar del esfuerzo que se realizó para analizar datos de diferentes procedencias, se recomienda emplear series de tiempo más largas para evaluar los cambios en la tendencia de los indicadores ecosistémicos y rutinas de análisis multivariado.
- Evaluar la influencia de variables ecológicas, económicas, sociales, institucionales y ambientales sobre la composición de la captura anual, con la finalidad de proponer indicadores que permitan predecir la tendencia de la pesquería en nuestro ecosistema marino en una posible relación de las variables propuestas.
- Continuar con el análisis de las tendencias hasta la actualidad, a fin de proponer proyecciones de capturas a mediano y largo plazo, en base a nuevos indicadores que contribuyan al ordenamiento pesquero, con miras hacia un desarrollo sostenible.

11. Referencias bibliográficas

1. **Álvarez, F. L., 2007.** La situación crítica de la pesquería industrial del Perú y sus alternativas de solución. Moquegua: Asociación Civil Labor: páginas 26–34.
2. **Bertrand, A. Chaigneau, A. Peraltila, S., Ledesma, J. Graco, M., Monetti, F. y F. Chávez, 2011.** *Oxygen: A fundamental Property Regulating Pelagic Ecosystem Structure in the Coastal Southeastern Tropical Pacific*. PLOS ONE 6 (12),
3. **Bhathal, B. y Pauly, D., 2008.** Fishing down marine food webs and spatial expansion of coastal fisheries in India, 1950-2000. *Fisheries Research* 91 (1): 26–34.
4. **Branch, T., 2015.** Fishing impacts on food webs: multiple working hypotheses. *Fisheries*, 40: 373–375.
5. **Caddy, J. y Garibaldi, L., 2000.** *Apparent changes in the trophic composition of world marine harvests: the perspective from the FAO capture database*. ELSEVIER: páginas 615–655.
6. **Caillaux Campbell, M., 2011.** Cambios en el índice trófico marino de las capturas de los principales recursos pesqueros de la costa peruana desde el año 1950 hasta el 2008 (No. M11 C3-T). Tesis de grado Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Pesquería.
7. **Castillo, S., y Mendo, J., 1987.** *Estimation of unregistered Peruvian anchoveta (Engraulis ringens) in official catch statistics, 1951–1982*. The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change. ICLARM studies and reviews, 15, páginas 109-116.
8. **Chávez, F., Bertrand, A., Guevara-Carrasco, R., Soler, P., and Csirke, J., 2008.** *The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future*. *Prog. Oceanogr.* 79, páginas 95–105.

9. **Ceroni-Gallos, M., 2012.** Perú, el país de las oportunidades perdidas en ciencia: el caso de los fertilizantes. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(2), páginas 144-152. Recuperado en 2015:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2012000200
10. **Christensen, V. y Pauly, D., 1993.** *Flow characteristics of aquatic ecosystems: 339 - 355 in V. Christensen and D. Pauly, eds. Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM Conf Proc. 26, Manila.*
11. **Christensen, V., 2009.** *Ecopath with Ecosim: linking fisheries and ecology.* Handbook of ecological modelling and informatics, página 55.
12. **Collette, B., Acero, A., Canales Ramirez, C., Cardenas, G., Carpenter, K.E., Di Natale, A., Guzman-Mora, A., Montano Cruz, R., Nelson, R., Schaefer, K., Serra, R. y Yanez, E., 2011.** *Sarda chiliensis.* The IUCN Red List of Threatened Species 2011: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T170352A6763952.en>. Downloaded on 07 August 2017.
13. **Comesaña, J. y Nogueira, J. L., 2013.** Evolución de la pesca costera de arrastre de fondo en puerto Quequén, provincia de Buenos Aires, Argentina: Periodo 1999-2010. *Rev.Mus.Argentino*.
14. **Cortés, E., 1999.** *Standardized diet compositions and trophic levels of sharks.* ICES journals of marine science: páginas 707–717.
15. **Clarke, K. R., Somerfield, P. J., y Gorley, R. N., 2008.** *Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage.* *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366(1-2): páginas 56-69.
16. **Clarke, K. R., Warwick, R.M., 2001.** *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd edition, página 55.

17. **Cubillos S., L., Núñez E., S., y Arcos R., D., 1998.** Producción primaria requerida para sustentar el desembarque de peces pelágicos en Chile. Invest. Mar., Valparaíso: 83-96.
18. **Espinoza, P., 2010.** Dinámica espaciotemporal en la ecología trófica de la anchoveta (*Engraulis ringens* jenyns, 1842; pisces: Engraulidae) en el mar peruano. Tesis de maestría Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
19. **Essington, T., Beaudreau, A., y Wiedenmann, J., 2006.** *Fishing through marine food webs*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103: páginas 3171–3175.
20. **Estrella, C., Fernández, J., y Castillo, G., 2010.** Informe general de la segunda encuesta estructural de la pesquería artesanal peruana 2003-2005. Regiones Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima, Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna (No. SH61 I55 V. 37 Nos. 1-2). Instituto del Mar del Perú, Lima.
21. **Espino, M. A., 2014.** Patrones de variabilidad y las pesquerías en el Pacífico Sud Este. Tesis de doctorado Universidad Nacional Mayor de San Marcos: 61, 86.
22. **Food and Agriculture Organization, 2011.** Pesquerías en pequeña escala en los estados miembros de Oldepesca: Servicios de Extensión y Entrenamiento en Costa Rica, Ecuador, Perú y México: 25 - 31
23. **Food and Agriculture Organization, 2014.** El estado mundial de la pesca y agricultura. FAO, páginas 9, 12.
24. **Franco, T. and Hidalgo, R. 2003.** Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos genéticos, página 89.
25. **Froese, R. y Pauly, D., 2017.** *World Wide Web electronic publication*. www.fishbase.org.
26. **Galarza, E., Zegarra, K., y Noelia, J. 2015.** Pesca artesanal: oportunidades para el desarrollo regional. Universidad del Pacífico: 11.

27. **Instituto Nacional De Estadística E Informática, 2015.** Compendio estadístico de desembarque de producto pesqueros según especie 2006-2013. INEI.
28. **Jaureguizar, A. y Milessi, A., 2008.** *Assessing the sources of the fishing down marine food web process in the Argentinean-Uruguayan common fishing zone.* Scientia Marina: 25–36.
29. **Kleisner , H. Mansour , D. Pauly, 2015.** *Marine Trophic Index, Fishing in Balance Index, and Region-based Marine Trophic Index*
30. **Laclau, J. y Trifoglio, N., 2015.** Análisis de los desembarques del Puerto del Mar de Plata en el periodo 1979-1989: 38
31. **Libralato, S., Pranovi, F., Raicevich, S., Da Ponte, F., y Giovanardi, O., 2004.** *Ecological stages of the Venice lagoon analysed using landing time series data.* Journal of Marine Systems: 331–344.
32. **Majluf, P., 2009.** *Towards Ecosystem Based Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem.* Documento de trabajo. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
33. **Maldonado, H. y Puertas, M., 2011.** La pesca industrial peruana antes de la anchoveta (1923-1955). Investigaciones sociales - UNMSM, páginas 559–573.
34. **Medicina, J., 2014.** Pesca artesanal en el Perú. Universidad de Lima, páginas 27 – 58.
35. **Mendo, J. y Wosnitza-Mendo, C., 2014.** *Reconstruction of total marine fisheries catches for Peru: 1950-2010.* Global Atlas of Marine Fisheries: Sea Around Us (SAU), páginas 21-22.
36. **Milessi, A., Arancibia, H., Neira, S., y Defeo, O., 2005.** The mean trophic level of Uruguay landings during the period 1990-2001. ELSEVIER, páginas 223–231.

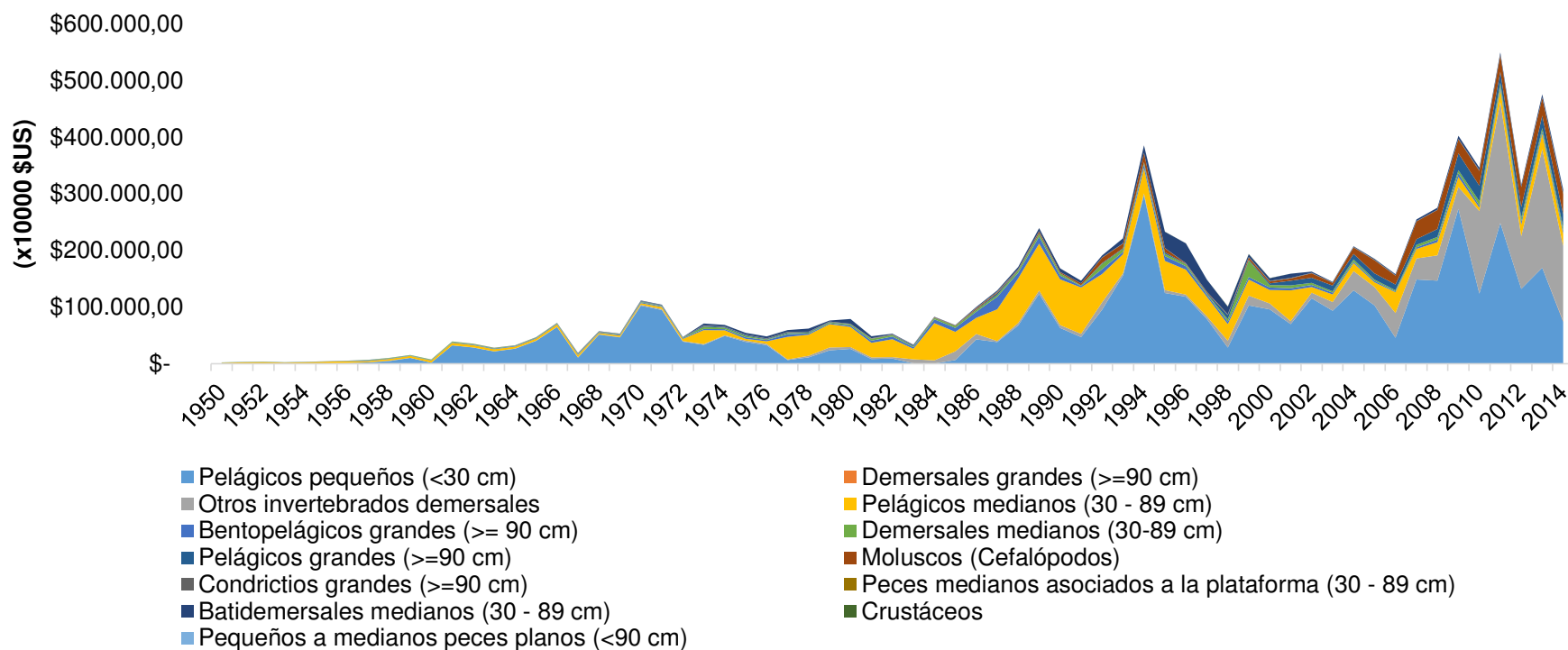
37. **Milessi, A. y Jaureguizar, A., 2013.** Evolución temporal del nivel trófico medio de los desembarques de la zona común de pesca argentino-uruguayo años 1989-2010. *Frente amplio*, 23: 83–93.
38. **Miranda, M., 2016.** Pescado para el desarrollo: la reforma pesquera de consumo humano en el gobierno de Juan Velasco Alvarado. Facultad de Letras y Ciencias Humanas-PUCP: 18.
39. **Muck, P., 1989.** Major Trends in the pelagic ecosystem off Perú and their implications for management, p. 386-403. In D. Pauly, P. Muck, J. Menda and I. Tsukayama (Eds). 1989. *The Peruvian Upwelling Ecosystem: Dynamics and Interactions*. ICLARM Conference Proceedings 18: 438.
40. **Palomares, M. y Pauly, D., 2017.** *World Wide Web electronic publication.* www.seafilebase.org.
41. **Paredes, C., 2013.** Atrapados en la Red. La Reforma y el Futuro de la Pesca en Perú. Fondo Editorial, Universidad de San Martín de Porres, Lima: 84–85.
42. **Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., y Froese, R., 1998.** *Fishing down marine food webs*. JSTOR. Science, 279: páginas 860-863.
43. **Pauly, D., Christensen, V., Guenette, S., Pitcher T., Sumaila U.R., Walters C., Watson R., Zeller D, 2002.** *Toward sustainability in world fisheries*. Nature.: 689-695.
44. **Pauly, D. y Palomares, M., 2005.** *Fishing down marine food webs: it is far more pervasive than we thought*. Bulletin of Marine Science: 197–211.
45. **Pauly, D. y Watson, R., 2004.** *Fisheries impact on global marine diversity and ecosystems: inferences from large heterogeneous data sets*. Ocean Biodiversity informatics: páginas 415–423.
46. **Pauly, D. y Zeller, D., 2015.** *The Peruvian anchoveta fishery. Global Atlas of Marine Fisheries: a critical appraisal of catches and ecosystem impacts*: páginas 1-19.

47. **Pennino, M., Bellido, J., Conesa, D., And López-Quílez, A., 2011.** *Trophic indicators to measure the impact of fishing on an exploited ecosystem.* Animal Biodiversity and Conservation: páginas 123–131.
48. **Purca S, Graco M, Gutiérrez D, Dewitte B, Tam J, Bertrand A, Chavez F, Flores R, Ledesma J, Vásquez L, Messié M, Goubanova K, Morón O, Nakazaki C, Peraltila S, Sánchez S. 2010.** Relación entre anchoveta y ambiente a diferentes escalas temporales. Bol Inst Mar Perú 25 (1-2): páginas 13-21.
49. **Reginald Fiedler, Norman Jarvis y Milton Lobell, 1943.** La pesca y las industrias pesqueras en el Perú: con recomendaciones para su futuro desarrollo. Informe presentado por los miembros de la misión americana del *Fish and Wildlife Service* contratado por el Supremo Gobierno del Perú el año 1941: 117.
50. **Sethi, S. A., 2010.** *Global fishery development patterns are driven by profit but not trophic level.* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 12163-12167.
51. **Solano-Sare, A., Tresierra-Aguilar, A., García-Nolasco, V., Dioses, T., Marín, W., Sánchez, C., y Wosnitza-Mendo, C., 2008.** Biología y pesquería del Perico. Instituto del Mar Del Perú, 23.
52. **Trillo P., 2003** “El Nacimiento de una industria”, en el Libro de Oro de la Pesquería Peruana, (Lima: Sociedad Nacional de Pesquería, 2003), Páginas 93-101.
53. **Villasante, S., 2009.** Sobre la sostenibilidad de las pesquerías artesanales de Galicia: Conservando hoy para las futuras generaciones. Disponible en: <http://inesma.org/inesma/public/premiado.pdf>, páginas 331–344.
54. **Watson y Pauly, 2001.** *Systematic distortions in world fisheries catch trend.* Nature, páginas 534–536.

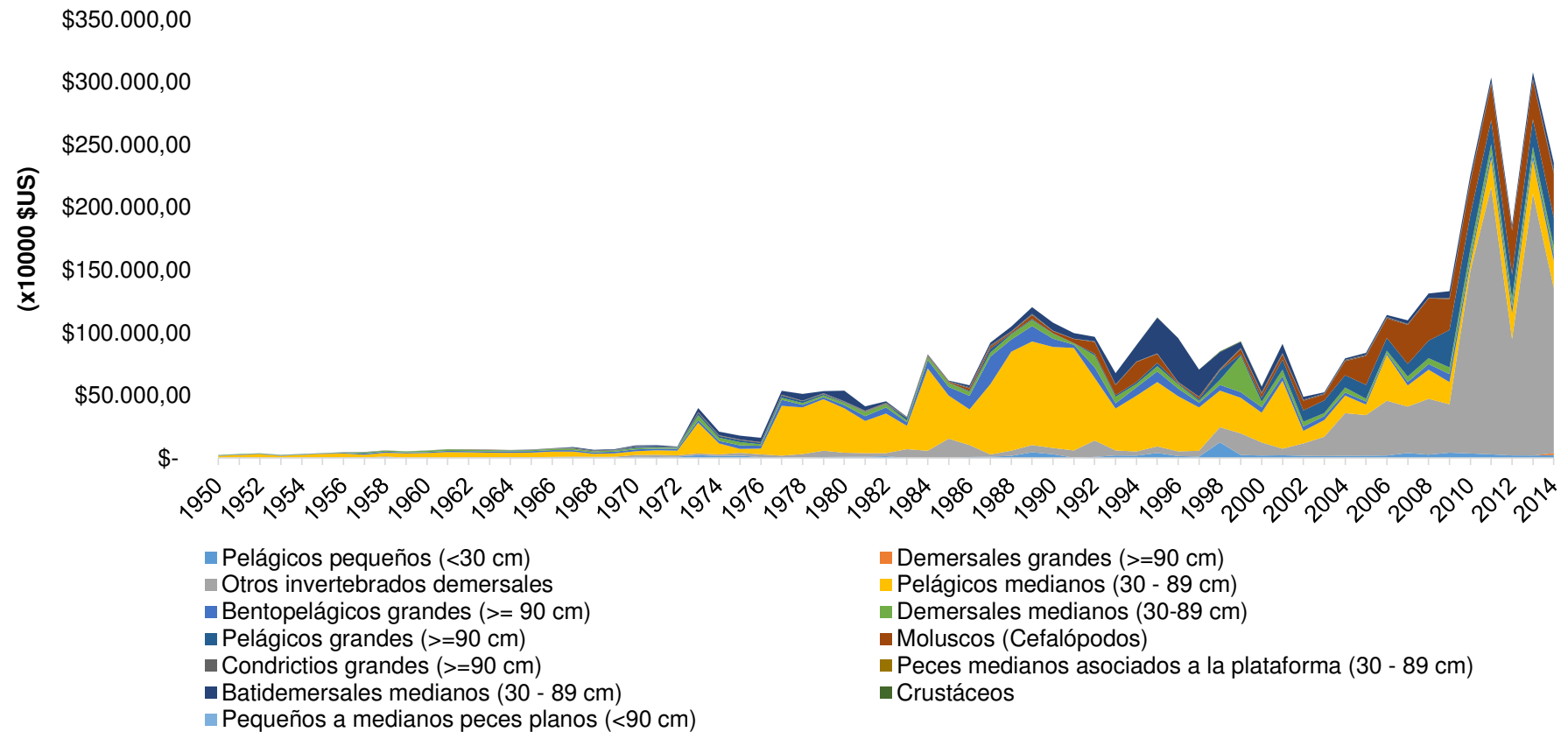
55. **Wosnitza-Mendo, C., Espino, M., y Véliz, M., 1989.** La pesquería artesanal en el Perú durante junio de 1986 a junio de 1989. Instituto del Mar del Perú: 142.
56. **Wosnitza-Mendo, C., Mendo, J., y Guevara-Carrasco, R., 2007.** Políticas de gestión para la reducción de la capacidad excesiva de esfuerzo pesquero en Perú: el caso de la Pesquería de la merluza. FAO Documento Técnico de Pesca., 461. Páginas 343–372.
57. **Yamashiro, C., 1996.** *Jumbo flying squid Fishery in Peru. IMARPE - International Symposium on Pelagic Large Squids:* páginas 5–31

12. ANEXOS

Anexo 1 Tendencia de los precios FOB (x10000 \$US) según grupo funcional (1950-2014). Es evidente el paulatino incremento del precio por tonelada de algunos grupos funcionales como el caso de los moluscos, los pelágicos de talla media y los demersales medianos. Por otro lado, también es evidente la reducción de la hegemonía del precio de los pelágicos pequeños lo que probablemente ha impulsado la diversificación de la pesquería nacional en los últimos años del periodo estudiado.



Anexo 2 Tendencia de los precios FOB por tonelada (x10000 \$US) según grupo funcional (1950-2014) sin la presencia de *Engraulis ringens*



Anexo 3 Valores estadísticos R (R Statistic) y niveles de significancia de las capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us* analizado con el índice de Bray-curtis

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.958

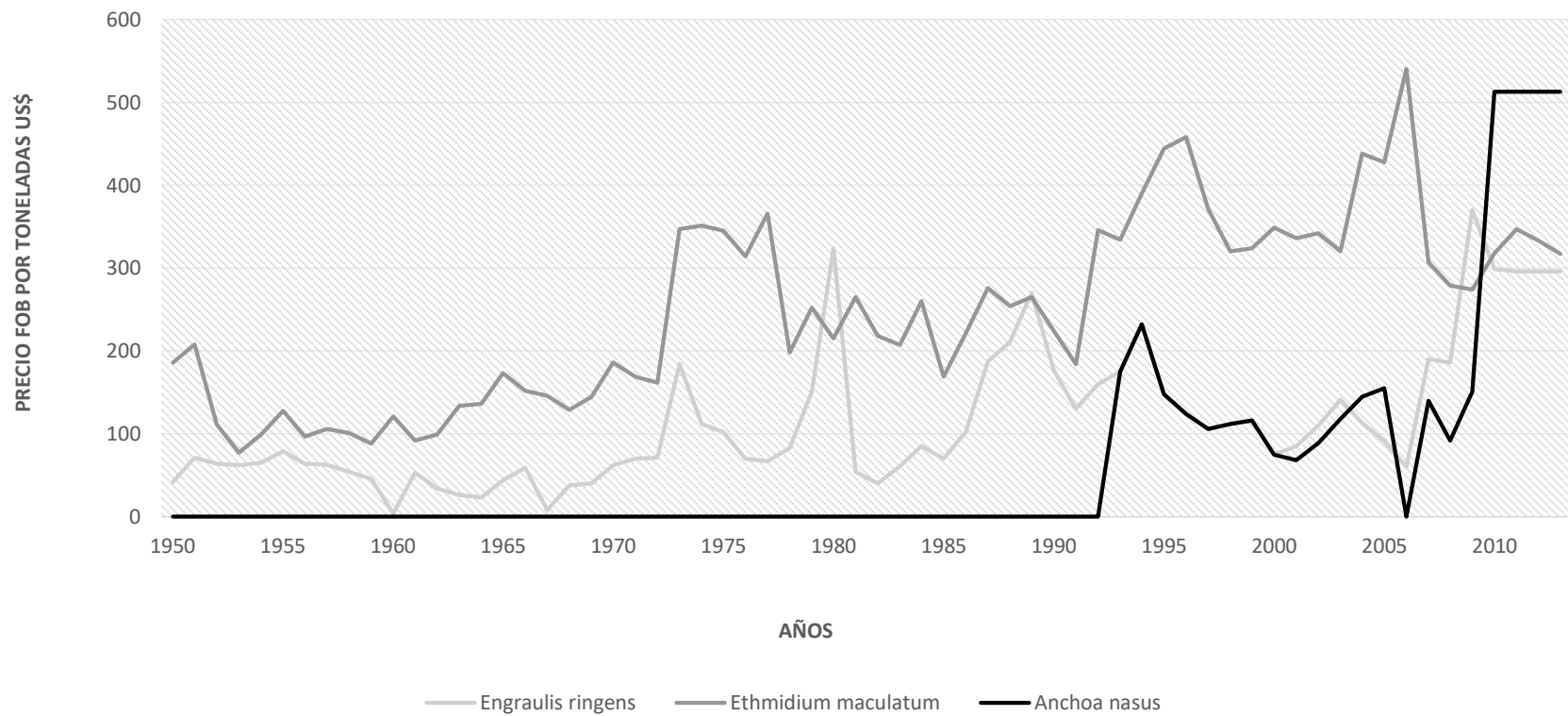
Significance level of sample statistic: 0.1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

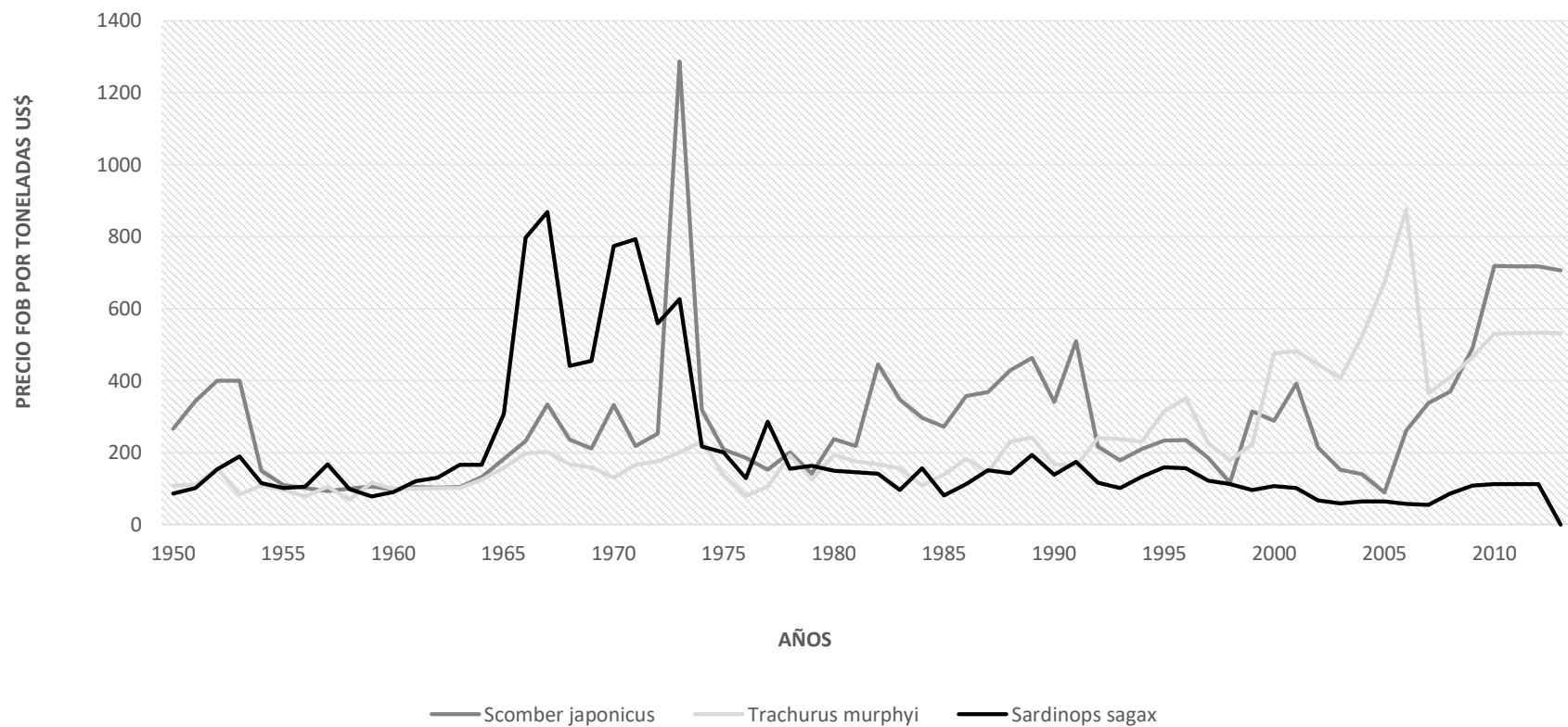
<i>Pairwise Tests</i>					
Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
i, ii	0.815	1.2	84	84	1
i, iii	0.815	10	10	10	1
i, iv	1	0.8	120	120	1
i, v	1	2.9	35	35	1
i, vi	1	0.3	364	364	1
i, vii	1	1.2	84	84	1
i, viii	1	0.2	455	455	1
i, ix	1	0.8	120	120	1
i, x	1	1.8	56	56	1
i, xi	1	25	4	4	1
ii, iii	0.87	1.2	84	84	1
ii, iv	0.935	0.2	1716	999	1
ii, v	1	0.5	210	210	1
ii, vi	1	0.1	12376	999	0
ii, vii	1	0.2	462	462	1
ii, viii	1	0.1	18564	999	0
ii, ix	1	0.2	1716	999	1
ii, x	1	0.2	462	462	1
ii, xi	1	14.3	7	7	1
iii, iv	0.933	0.8	120	120	1
iii, v	1	2.9	35	35	1
iii, vi	1	0.3	364	364	1
iii, vii	1	1.2	84	84	1
iii, viii	1	0.2	455	455	1
iii, ix	1	0.8	120	120	1
iii, x	1	1.8	56	56	1
iii, xi	1	25	4	4	1
iv, v	0.794	0.3	330	330	1
iv, vi	1	0.1	31824	999	0
iv, vii	1	0.1	1716	999	0
iv, viii	1	0.1	50388	999	0
iv, ix	1	0.1	1716	999	0
iv, x	1	0.1	792	792	1
iv, xi	1	12.5	8	8	1
v, vi	0.81	0.1	1365	999	0

<i>Pairwise Tests</i>					
Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
v, vii	1	0.5	210	210	1
v, viii	1	0.2	1820	999	1
v, ix	1	0.3	330	330	1
v, x	1	0.8	126	126	1
v, xi	1	20	5	5	1
vi, vii	0.748	0.1	12376	999	0
vi, viii	0.974	0.1	1352078	999	0
vi, ix	0.996	0.1	31824	999	0
vi, x	1	0.1	4368	999	0
vi, xi	1	8.3	12	12	1
vii, viii	0.888	0.1	18564	999	0
vii, ix	1	0.1	1716	999	0
vii, x	1	0.2	462	462	1
vii, xi	1	14.3	7	7	1
viii, ix	0.764	0.1	50388	999	0
viii, x	0.996	0.1	6188	999	0
viii, xi	1	7.7	13	13	1
ix, x	0.913	0.1	792	792	1
ix, xi	1	12.5	8	8	1
x, xi	1	16.7	6	6	1

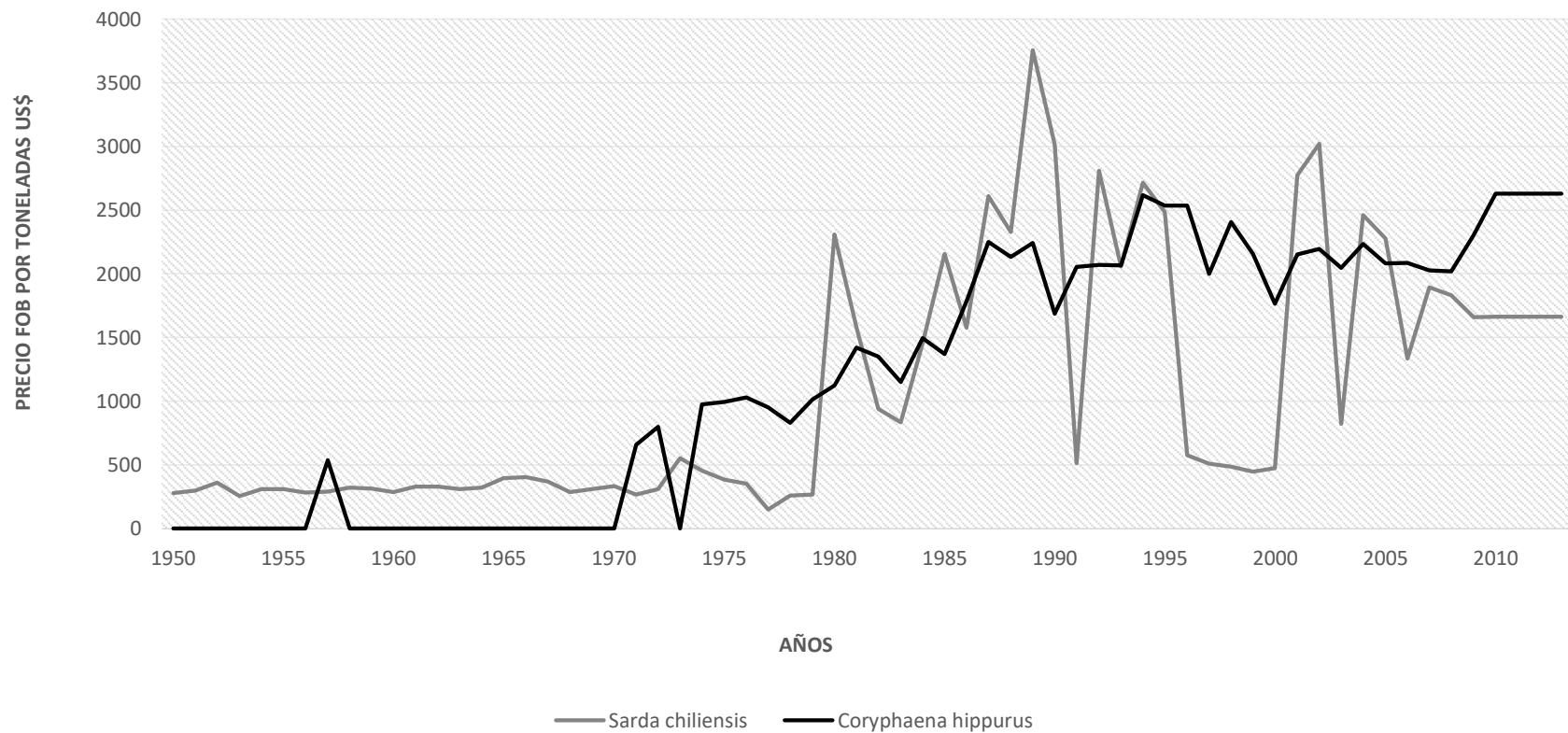
Anexo 4 Tendencia de los precios FOB por tonelada de los recursos pelágicos pequeños más relevantes según el análisis multivariado SIMPER (1950-2014): anchoveta peruana (*Engraulis ringens*), anchoa (*Anchoa nasus*) y machete (*Ethmidium maculatum*).



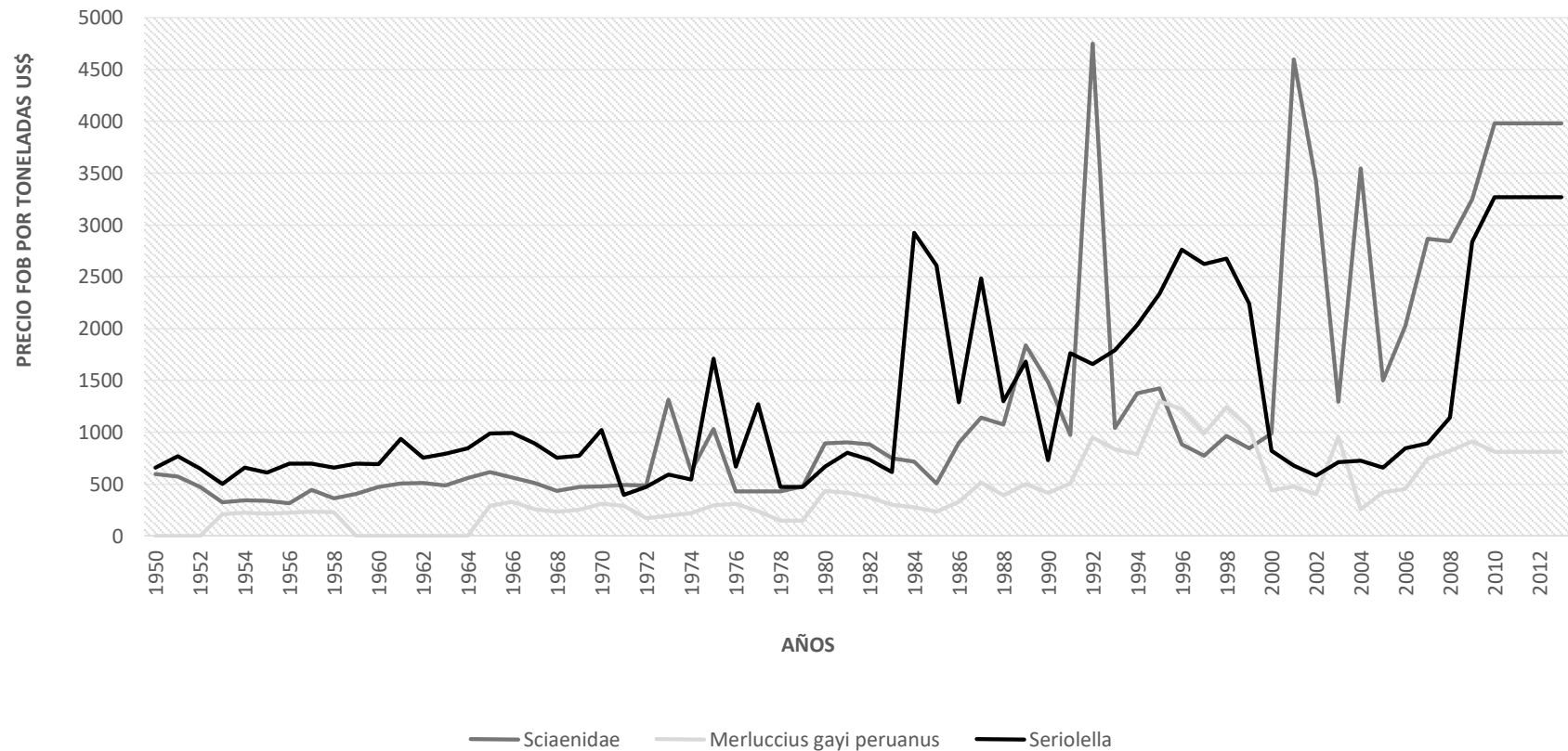
Anexo 5 Tendencia de los precios FOB por tonelada de los recursos pelágicos medianos más relevantes según el análisis multivariado SIMPER (1950-2014): caballa (*Scomber japonicus*), sardina (*Sardinops sagax*), jurel (*Trachurus murphyi*).



Anexo 6 Tendencia de los precios FOB por tonelada de los recursos pelágicos grandes según el análisis multivariado SIMPER (1950-2014) como el bonito (*Sarda chiliensis*) y perico (*Coryphaena hippurus*)



Anexo 7 Tendencia de los precios FOB por tonelada de los recursos demersales más relevantes según el análisis multivariado SIMPER (1950-2014): recursos de la familia del ayanque (*Sciaenidae*) y merluza (*Merluccius gayi peruanus*). Bentopelágicos grandes como la cojinova (*Seriotelella sp*),



Anexo 8 Análisis de la rutina BEST con la base de datos de capturas reconstruidas del proyecto *Sea Around Us* y variables oceanográficas propuestas por Espino (2014): Índice Multivariado ENSO (MEI); Índice Oscilación del Sur (SOI); Índice de Niño Oceánico (ONI); Variable Secular del Pacífico (PSV) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO).

BEST

Biota and/or Environment matching

Data worksheet

Name: Data5

Data type: Other

Sample selection: All

Variable selection: All

Resemblance worksheet

Name: AÑOS

Data type: Similarity

Selection: All

Parameters

Rank correlation method: Spearman

Method: BIOENV

Maximum number of variables: 5

Resemblance:

Analyse between: Samples

Resemblance measure: D1 Euclidean distance

Variables

1 MEI

2 TSM

3 ONI

4 SOI

5 PDO

6 PSV

Global Test

Sample statistic (Rho): 0.835

Significance level of sample statistic: 1%

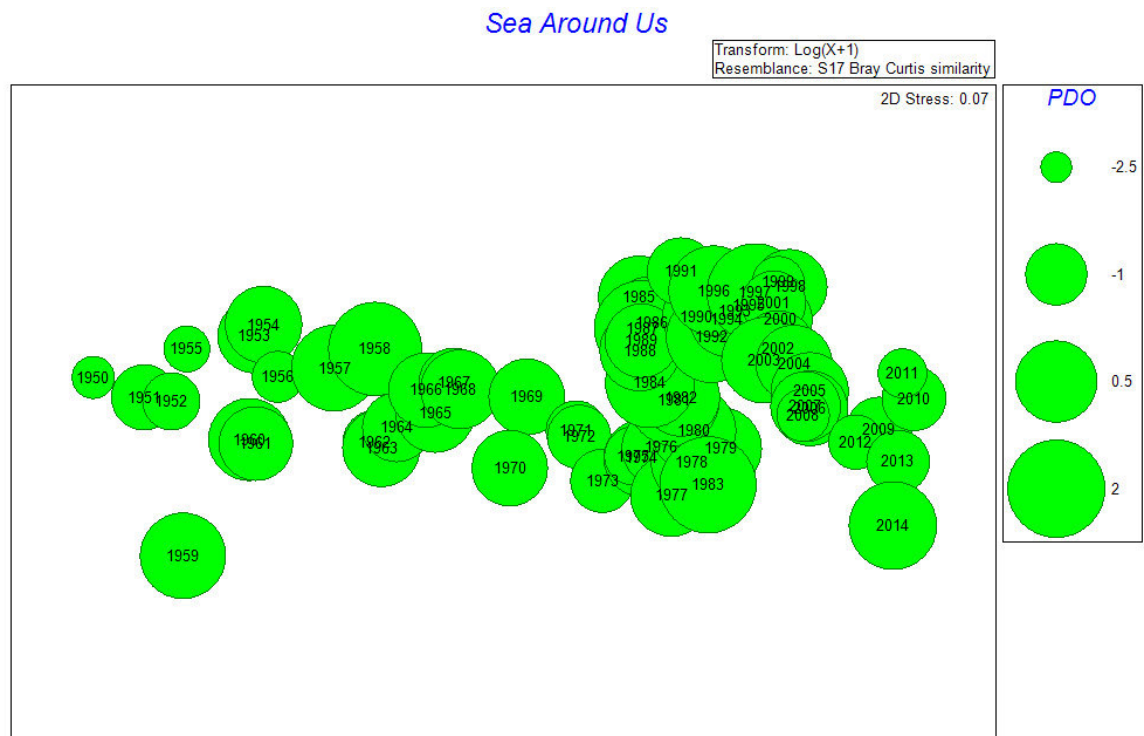
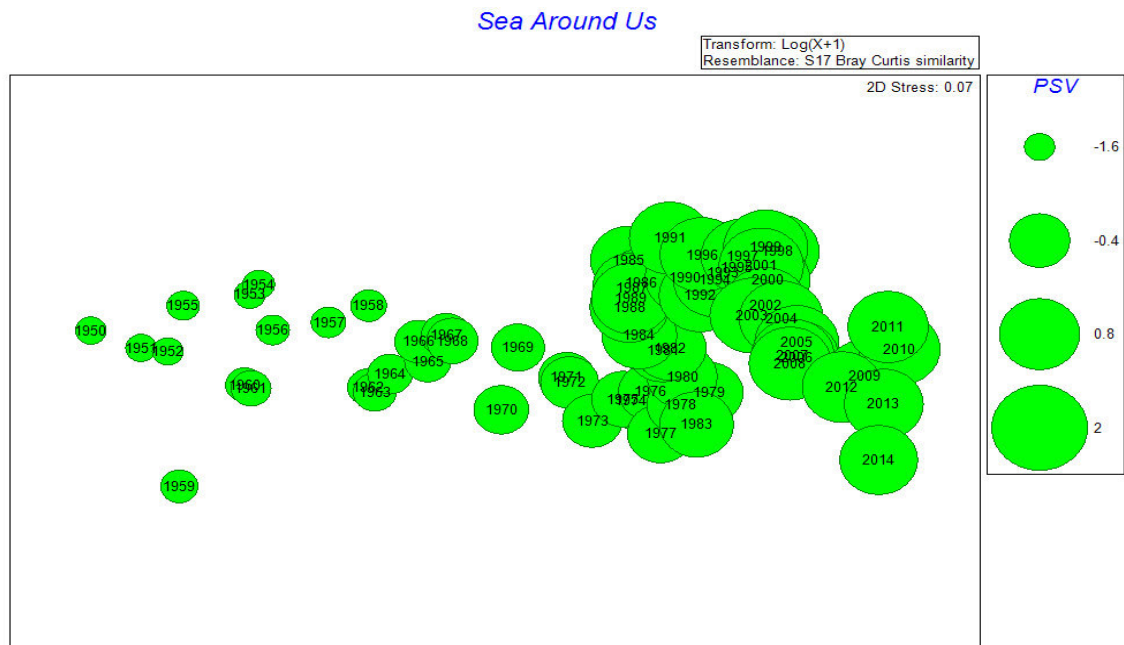
Number of permutations: 99 (Random sample)

Number of permuted statistics greater than or equal to Rho: 0

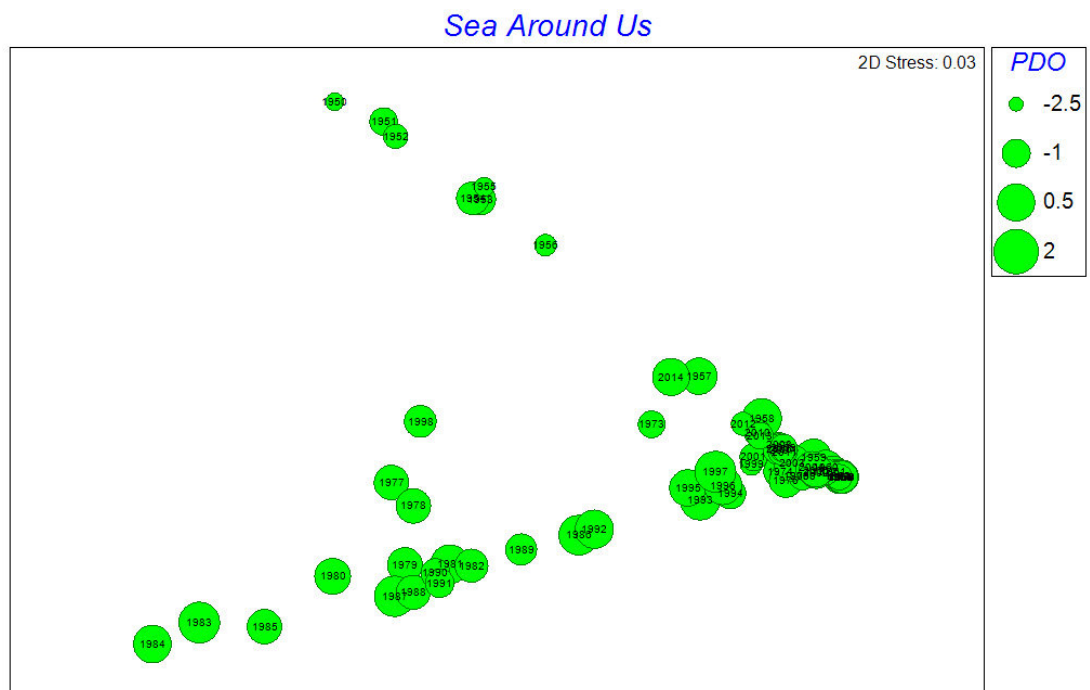
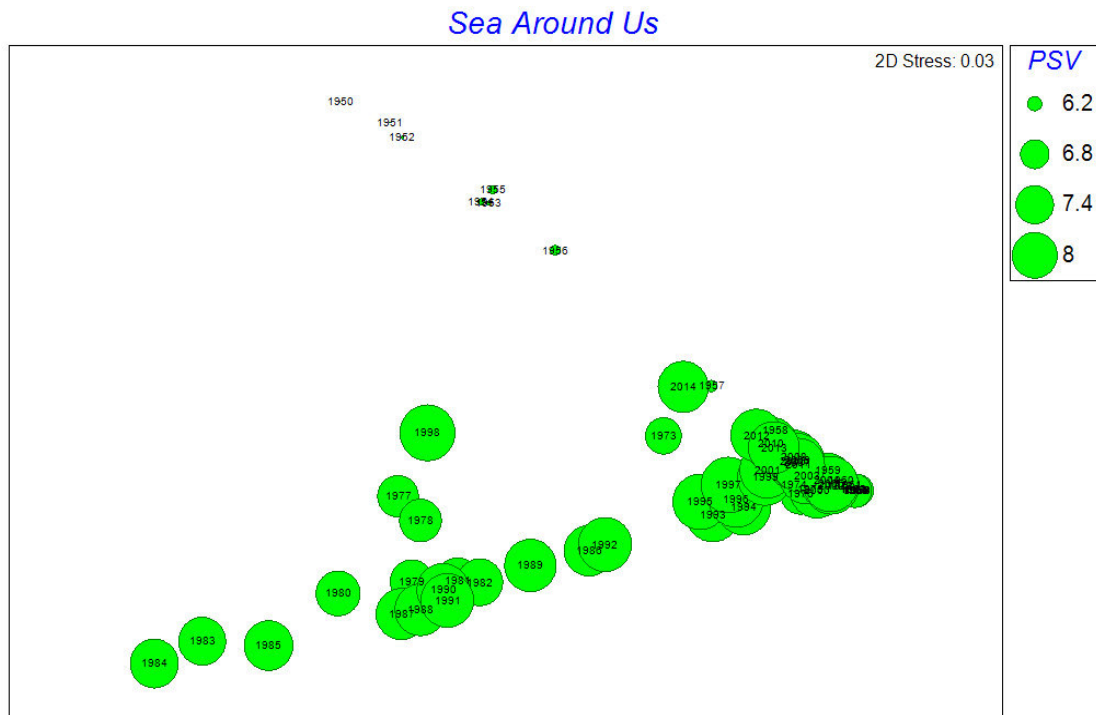
Best results

No.Vars	Corr.	Selections
1	0.835	6
2	0.640	5,6
2	0.595	2,6
2	0.592	1,6
2	0.557	3,6
2	0.547	4,6
3	0.516	2,5,6
3	0.503	1,5,6
3	0.481	3,5,6
3	0.476	4-6

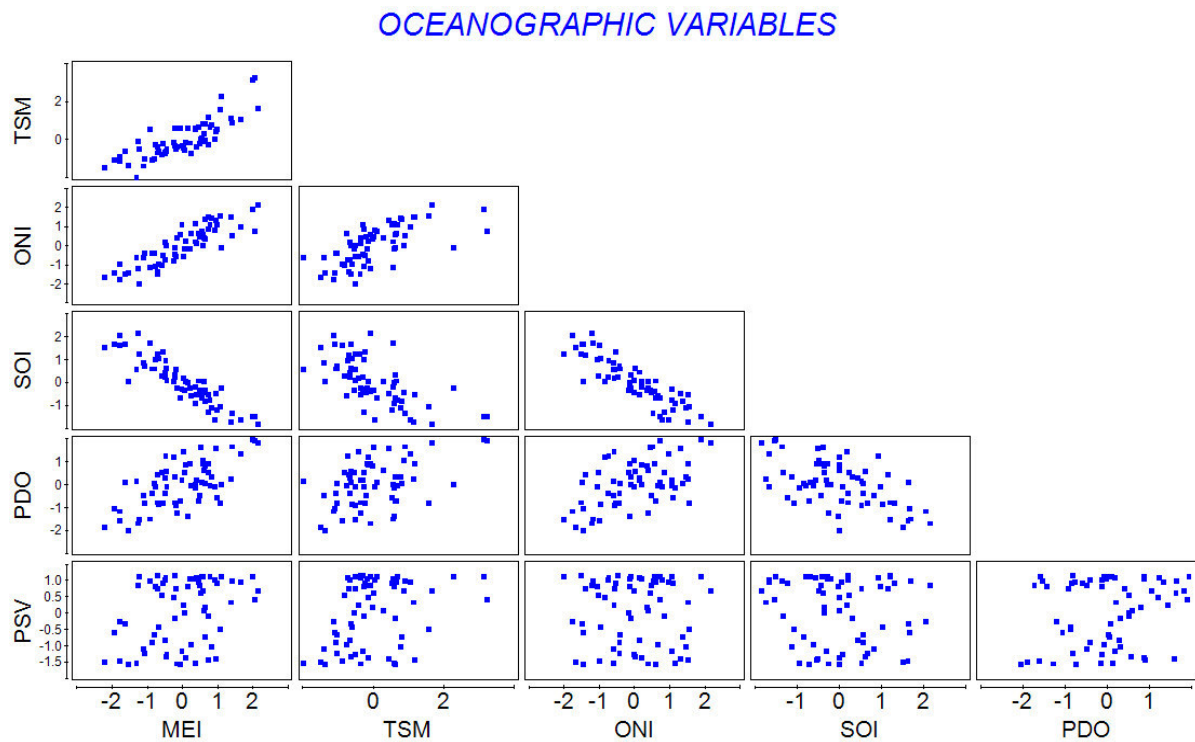
Anexo 9 Gráfico nMDS que permite visualizar la influencia de la Variable Secular del Pacífico (PSV) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) en la distribución bidimensional de la rutina nMDS con el índice de Bray-Cutis.



Anexo 10 Gráfico nMDS que describe la influencia de la Variable Secular del Pacífico (PSV) y la Oscilación Decadal del Pacífico PDO en la distribución bidimensional de los datos de captura evaluados con la distancia Euclídeana.

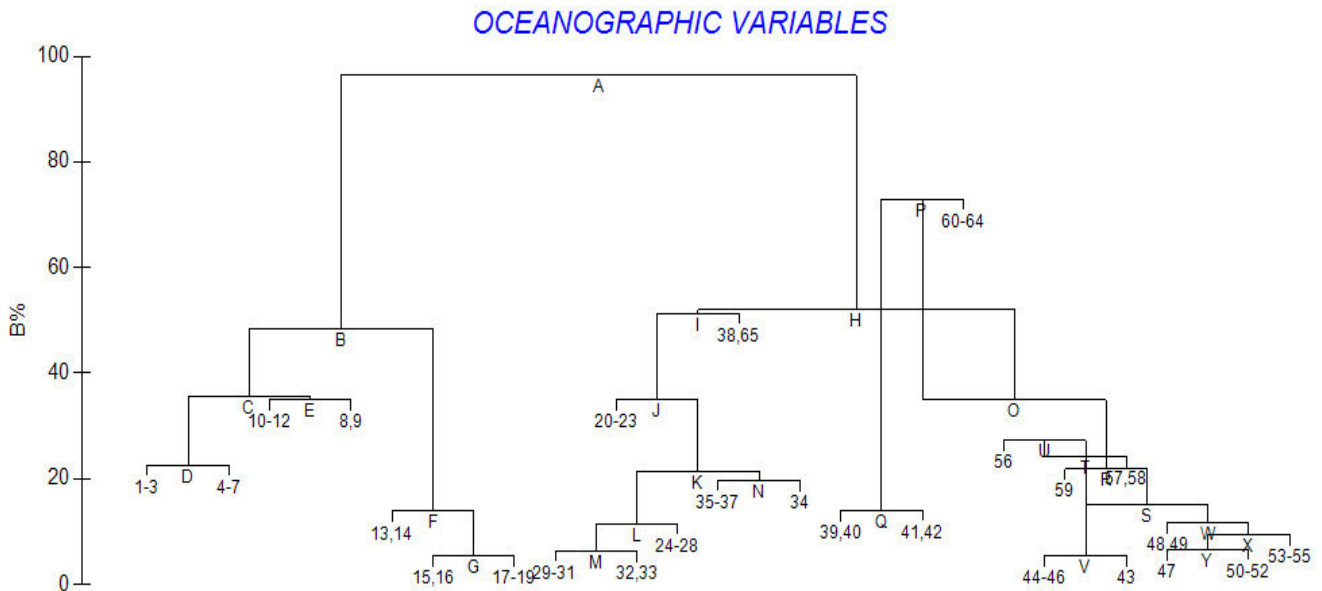


Anexo 11 Análisis de correlación de Spearman de pares de variables oceanográficas con la rutina Draftman Plot. Se observa claramente el tipo de regresión en cada variable. Índice Multivariado ENSO (MEI); Índice Oscilación del Sur (SOI); Índice de Niño Oceánico (ONI); Variable Secular del Pacífico (PSV) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO).



	MEI	TSM	ONI	SOI	PDO
MEI					
TSM	0.82				
ONI	0.87	0.66			
SOI	-0.90	-0.64	-0.88		
PDO	0.66	0.44	0.52	-0.56	
PSV	0.34	0.33	-0.04	-0.11	0.18

Anexo 12 LINKTREE de capturas de *Sea Around Us* (transformadas por logaritmo) en los 64 años del periodo estudiado (1950 - 2014). La gráfica muestra solo aquellas divisiones para las cuales se realizó la prueba SIMPROF con diferencia significativa ($p < 0,05$). En cada división se muestra el estadístico de prueba ANOSIM (R: índice de similitud de rango) que sustenta su diferencia por prueba de hipótesis. En la primera división se destaca la variable PSV (izquierda se distribuyen los años con valores de PSV menores a $-0,848$ y a la derecha $>-0,771$). Por otro lado, el B% indica la medida absoluta de las diferencias grupales (disimilitud entre años).



Detalle de la rutina LinkTREE:

A: R=0.90; B%=96; PSV<-0.848(>-0.771)
 B: R=0.66; B%=49; PSV<-1.3(>-1.25)
 C: R=0.48; B%=35; PSV<-1.51(>-1.48)
 D: R=0.96; B%=23; PSV<-1.58(>-1.57)
 E: R=1.00; B%=35; ONI<0.215(>1.31) or MEI<0.114(>0.763) or TSM<-0.144(>0.435) or SOI>-1.79E-3(<-0.502) or PSV>-1.4(<-1.44) or PDO<0.863(>0.892)
 F: R=0.93; B%=14; PSV<-1.19(>-1.13)
 G: R=1.00; B%=5; PSV<-1.06(>-0.994)
 H: R=0.61; B%=52; PSV<0.662(>0.72)
 I: R=0.61; B%=51; PSV<0.596(>0.657)
 J: R=0.72; B%=35; PSV<-0.528(>-0.445)
 K: R=0.76; B%=21; PSV<0.304(>0.381)
 L: R=0.72; B%=11; PSV>-2.12E-2(<-0.106)
 M: R=1.00; B%=6; PSV<0.145(>0.225)
 N: R=1.00; B%=20; TSM<1.47E-2(>3.23) or MEI<0.533(>2.08) or SOI>-0.388(<-1.55) or ONI<0.453(>0.733) or PDO<1.63(>1.89) or PSV>0.456(<0.381)
 O: R=0.50; B%=35; PSV<0.928(>0.931)
 P: R=1.00; B%=73; PDO>-0.585(<-0.762)
 Q: R=1.00; B%=14; ONI<-1.07(>0.467) or SOI>0.97(<-0.445) or MEI<-0.696(>0.497) or PDO>-0.139(<-0.495) or TSM<-0.267(>-0.21) or PSV<0.782(>0.836)
 R: R=0.34; B%=22; SOI>1.68(<1.21)
 S: R=0.22; B%=15; PSV<1.06(>1.07)
 T: R=0.58; B%=24; SOI<-0.273(>-0.202)
 U: R=1.00; B%=27; TSM<-0.365(>-0.186) or PSV>1.06(<1.04)
 V: R=1.00; B%=5; MEI<1.42(>1.67) or ONI<0.789(>0.972) or TSM<0.891(>1.05) or PSV>0.972(<0.931)
 W: R=0.40; B%=12; TSM>2.28(<0.669) or MEI>1.13(<0.8)
 X: R=0.70; B%=9; ONI<-0.485(>0.565) or MEI<-0.213(>0.56) or SOI>0.198(<-0.402) or TSM<-0.309(>-8.92E-2)
 Y: R=1.00; B%=7; PDO>1.22(<-0.813) or TSM<-0.744(>-0.516) or PSV<1.07(>1.11)